எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியியல்

ஆர். வெள்ளைச்சாமி

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

த.பா.நி. (க.வெ.) வரிசை எண்-829

எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியியல்

ஆசிரியர்

ஆர். வெள்ளைச்சாமி, எம்.எஸ்ஸி., டி.ஈ.எம். (ஆஸ்லோ),
இயற்பியல் துணைப் பேராசிரியர்,
அரசினர் கலைக் கல்லூரி,
கோயமுத்தூர்.

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition—November, 1978

Number of Copies—1000

T.N.T.B S (C.P.) No. 829

© Government of Tamilnadu

ELECTRON MICROSCOPY

R. VELLASAMY

Price Rs. 10-60

Published by the Tamilnadu Textbook Society under the Centrally Sponsored Scheme of production of books and literature in regional languages at the University level, of the Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare (Department of Culture), New Delhi.

This book has been printed on concessional paper made available by the Government of India.

Printed by

Giri Art Printers,
Madras—600 094.

அணிந்துரை

(திரு. செ. அரங்கநாயகம், தமிழகக் கல்வி அமைச்சர்)

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கிப் பதினெட்டாண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் இளங்கலை வகுப்புவரை மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்றுவந்தனர். 1969ஆம் ஆண்டிலிருந்து அறிவியல் பாடங்களையும் தமிழிலேயே கற்பிக்க ஏற்பாடு செய்துள்ளோம். தமிழிலேயே கற்பிப்போம் என முன்வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிற பல துறைகளில் தொண்டு செய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித் தர முன்வந்துள்ள நூலாசிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி இவற்றின் காரணமாக இத்திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மன நிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்று வருகிறது. இவ்வகையில் கல்லூரிப் பேராசிரியர்கள் கலை, அறிவியல் பாடங்களை மாணவர்களுக்குத் தமிழிலேயே பயிற்றுவிப்பதற்குத்தேவையான பயிற்சியைப் பெறுவதற்கு மதுரைப் பல்கலைக்கழகமும் சென்னைப் பல்கலைக்கழகமும் ஆண்டுதோறும் எடுத்துவரும் பெருமுயற்சியைக் குறிப்பிட்டுச் சொல்லவேண்டும்.

வரலாற்றியல், அரசியல், உளவியல், பொருளியல், மெய்ப்பொருளியல், புவியியல், புவியமைப்பியல், மனையியல், கணிதவியல், இயற்பியல், வேதியியல், உயிரியல், வானியல், புள்ளியியல், விலங்கியல், தாவரவியல், பொறியியல், சட்டவியல் ஆகிய எல்லாத் துறைகளிலும் மூலநூல்கள், மொழிபெயர்ப்பு நூல்கள் என்று இரு வகையிலும் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம் நூல்களை வெளியிட்டு வருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றான எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியியல் என்னும் இந் நூல் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் 829ஆவது வெளியீடாகும். கல்லூரித் தமிழ்க் குழுவின் சார்பில் வெளியான 35 நூல்களையும் சேர்த்து இதுவரை 864நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன. இந் நூல் மைய அரசு, கல்வி, சமூக நல அமைச்சகத்தின் 'மாநில மொழியில் பல்கலைக்கழக நூல்கள் வெளியிடும் திட்ட'த்தின்கீழ் வெளியிடப்படுகிறது.

தமிழில் பயிலும் மாணவர்கள் உலக மாணவர்களிடையே சிறந்த இடம் பெறவேண்டும் என்பதே நம் குறிக்கோளாகும். கல்லூரிகளிலும் பல்கலைக்கழகங்களிலும் கலையியற்பாடங்களையும், அறிவியற் பாடங்களையும், தொழில்நுட்ப அறிவுப் பாடங்களையும் பயிலுகின்ற மாணவர்கள், அவற்றைத் தமிழில் பயிலவேண்டும் என்பதை வலியுறுத்தி வருவதற்குக் காரணம், தமிழறிவு வளரவேண்டும் என்பதைவிட, தமிழ் மக்களின் அறிவு ஆற்றல் எளிதாக விரைவாக வளரவேண்டும் என்பதுதான். 'எதிலும் தமிழ்; எங்கும் தமிழ்' என்னும் குறிக்கோளை நிறைவேற்ற வேண்டிய கடப்பாடு தமிழக ஆசிரியப் பெருமக்களையும் மாணவர்களையும் சார்ந்ததாகும். தமிழ்நாட்டுப் பல்கலைக்கழகங்களின் பல்வகை உதவிகளுக்கும் ஒத்துழைப்புக்கும் நம் மனங்கலந்த நன்றி உரியதாகுக!

செ. அரங்கநாயகம்

பொருளடக்கம்

			பக்கம்
1.	எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியியல்	...	1
2.	படிகங்களின் தன்மைகளும் வகைகளும்	...	40
3.	படிகத்தின் தளங்களின் நிலையும் அதன் தொடக்கமும்	...	57
4.	ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டிஸின் விளக்கம்	...	70
5.	விளிம்பு விளைவு ஏற்படுத்தலும் அதன் பகுப்பாய்வும்	...	83
6.	உருமாதிரி தயாரிக்கும் முறைகளும் அதன் நுணுக்கங்களும்	...	118
7.	எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிக்காக மாதிரியைப் பொருத்துதல்	...	140
8.	எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியைப் படிகப் பகுப்பாய்வுக்குப் பயன்படுத்துதல்	...	152
9.	தளப் படங்களும் அவற்றின் குறியீடுகளும்	...	179
	மேற்கோள் நூற்பட்டியல்	...	186
	கலைச்சொற்கள்	...	187

1. எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியியல்
(Electron Microscopy)

தோற்றுவாய்[1]

அறிவியல் துறை மிக வேகமாக வளர்ந்து பெருகிவரும் தற்காலத்தில், அறிவியல் துறையின் ஒவ்வொரு சிறிய பகுதியும் பெரும் பாகமாகப் பெருக்கி, உருவாக்கப்பட்டு வளர்ந்து முன்னேற்றம் அடைந்துவருகிறது. பற்பல சிறிய சிறிய பகுதி களிலும் அதிகக் கவனம் செலுத்தப்பட்டு, ஆராய்ச்சிகள் பல மேற்கொள்ளப்பட்டு விரிவாக்கம் செய்யப்பட்டுவருகின்றன. ஆராய்ச்சித் துறைகளிலும், பகுப்பாய்வுப் பணிகளிலும் பற்பல நுண்ணிய நூதனக் கருவிகளைக் கண்டுபிடித்து அவைகளின் பலனை மனித சமுதாயத்திற்கும் பெரும் பயன்கள் கிடைக்குமாறு முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்படுகின்றன. இவ்வாறு பயன்படுத் தப்படும் நூதனக் கருவிகளில் எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகளும் ஒருவகைப்படும். அமெரிக்கா, இரஷ்யா, ஜப்பான் போன்ற நாடுகளிலும், இங்கிலாந்து, ஹாலந்து, ஜெர்மனி, நார்வே, ஸ்வீடன், டென்மார்க், பிரான்ஸ் மற்றும் பல ஐரோப்பிய நாடு களிலும் பல துறைகளில் எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகள் பெரும் பான்மையாகப் பயன்படுத்தப்பட்டு வருகின்றன.

அமெரிக்கா, ஜெர்மனி, ஹாலந்து, ஜப்பான் போன்ற நாடுகள் எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகளைப் பெரும்பாலும் பயன் படுத்தி வருவதோடு, அவைகளைத் தயாரிக்கும் பணிகளிலும் ஈடுபட்டுள்ளன. இந் நாடுகளில் ஜப்பான் மிக நேர்த்தியான, விலையுயர்ந்த JEM - எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகளைத் தயாரித்துப் பெருமளவில் விற்பனை செய்துவருகிறது. ஹாலந்து நாட்டைச் சேர்ந்த ஃபிலிப்ஸ் நிறுவனத்தார் EM - 100, EM - 200, EM - 300 போன்ற எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகளையும், ஜெர்மனி நாட்டினர்

[1] Thanks are due to The Norwegian Government for their financial support through 'NORAD' fellowship and for the Solid State Physics Group of The University of Oslo in Norway and also for the Ministry of Education and Social Welfare, Government of India. The Photographs used in this book are taken by the author in the EM-300 (Philips) at the Institute of Physics, Oslo.

'Siemens' என்ற எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகளையும் தயாரித்து வருகின்றனர். எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகள் திண்ம நிலை பௌதிகம் (Solid State Physics), உயிரியல் துறை (Biology), பருப்பொருள் அறிவியல் துறை (Material Science) மேலும் பல ஆராய்ச்சித் துறைகளிலும் பெரும்பான்மையாகப் பயன்படுத்தப் பட்டு வருகின்றன.

இச் சிறிய நூலில் எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகளின் தன்மைகள், அவைகளின் அடிப்படையான தத்துவ விளக்கம், அவைகள் பயன்படுத்தப்படும் இயக்க முறைகள் (Mode of operations), அதனோடு சேர்த்துப் பயன்படுத்தப்படும் துணைக்கருவிகள் முதலியவைகளையும் செலுத்துகை எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியைப் படிகவியல் துறையிலும், பருப்பொருள் ஆராய்ச்சித் துறைகளிலும் எதற்காக, எவ்வாறு பயன்படுத்தப்படுகின்றன என்பவைகளை விளக்க முயற்சிக்கப்படுகிறது. இந் நூலின் முதன்மையான நோக்கம் செலுத்துகை எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி படிகவியல் ஆராய்ச்சிக்குப் பயன்படுத்தப்படும் முறைகளையும், அது சம்பந்தப்பட்ட கணக்கிட்டு முறைகளையும் விளக்குவதேயாகும். ஆகையினுல் எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி எவ்வாறு செய்யப்படுகிறது, அதில் அடக்கப்பட்டுள்ள எண்ணற்ற பல பாகங்கள், பொருள்கள், மின்சுற்றுகள் முதலியவைகளை விளக்குவது இந் நூலின் நிலைக்கு அப்பாற்பட்டது எனக் கருதப்படுகிறது.

1. எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் தன்மைகள்

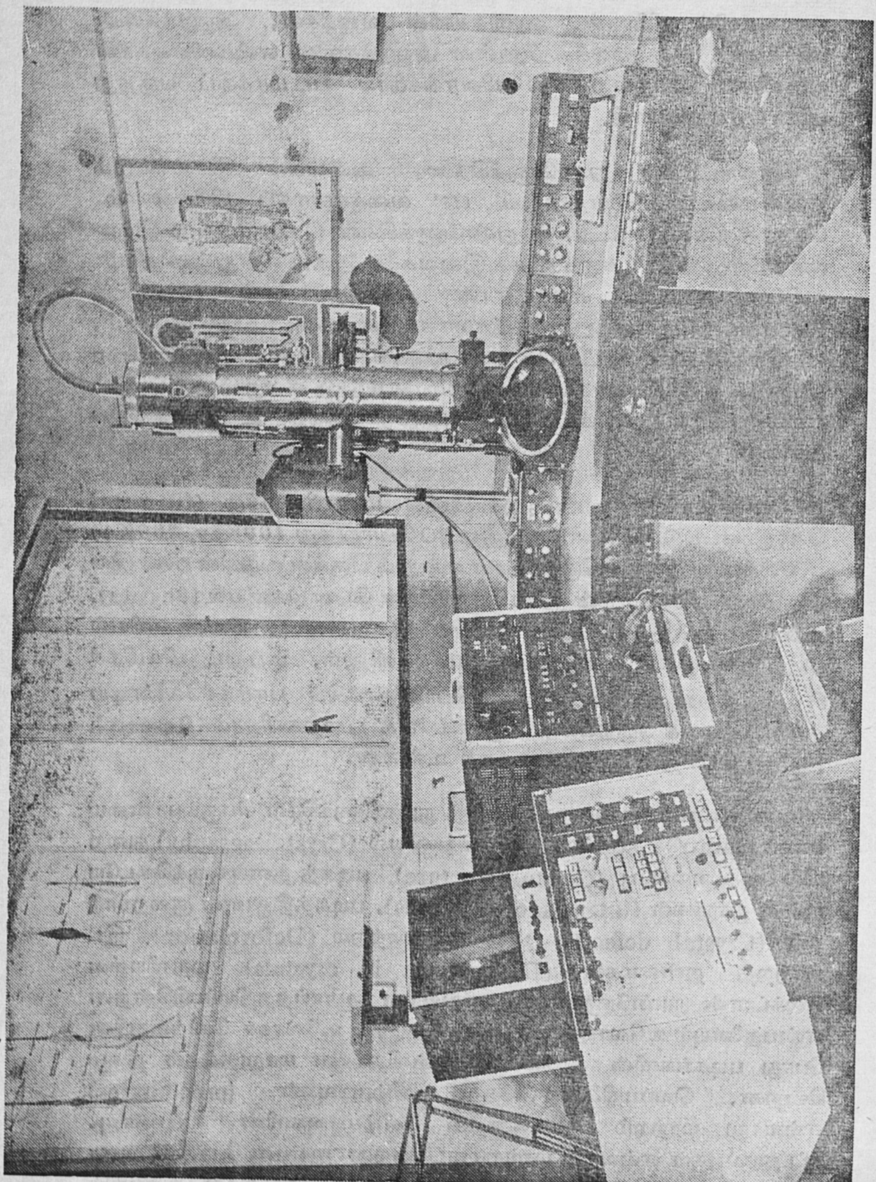
விஞ்ஞான விந்தைகளும், விநோதங்களும் பல நிகழ்ந்து வளர்ந்து பெருகிவரும் தற்காலத்தில் கண்ணுக்குப் புலப்படாத மிகமிகச் சிறிய பொருள்களையும், அணுக்களையும், அவைகளின் கட்டமைப்புகளையும் பல்லாயிர மடங்குகளாகப் பெரியதாக்கிக் காட்டக்கூடிய எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகள் (Electron Microscopes) பல கண்டுபிடித்து உருவாக்கப்பட்டுப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ஓரிரு ஆயிரம் உருப்பெருக்கஞ் செய்யும் ஒளியியல் நுண்ணோக்கிகளை விட (Optical Microscopes), பல லட்சக் கணக்கில் உருப்பெருக்கம் பெற வாய்ப்பும் வசதியும் உள்ள பற் பல எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகள் அமைத்துக் கையாளப் படுகின்றன. ஆகையினுல், எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியை உபயோகித்து மிகச் சிறிய அணுக்களையும் எளிதில் காணலாம். அவைகளின் பிம்பங்களைப்பெற்று, வேண்டிய அளவிற்கு அவைகளைப் பன்மடங்கு பெருக்கிப் படமாக்கி, அவைகளின் கட்டமைப்புகளைக் கண்டறியலாம். அணுக்கள் அமைப்புத் தன்மைகள், அவைகளுக்கிடையேயுள்ள இடைவெளித் தூரங்கள்,

அவைகளின் நிலைகள், அணுக்களின் வகைகள், அணுக்களின் அளவுகள், ஒரு மூலக்கூறிலுள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கைகள் முதலியன போன்ற பல விவரங்களைப் படமாக்கிப் பகுத்து ஆராய்ந்தறியலாம்.

எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகளை, அவைகள் செயல்படும் தன்மையைப் பொறுத்துப் பல வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். செலுத்துகை எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகள் (Transmission Electron Microscopes); சுருக்கமாக இவைகளை TEMs என்றும் கூறுவர். வரிக்கண்ணோட்ட எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகள் (Scanning Electron Microscopes) சுருக்கமாக இவைகளை SEMs என்றும், எதிரொளிப்பு எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகள் (Reflection Electron Microscopes) இவைகளைச் சுருக்கமாக REMs என்றும் கூறப்படும் பலவகையான எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகள் உபயோகத்தில் உள்ளன.

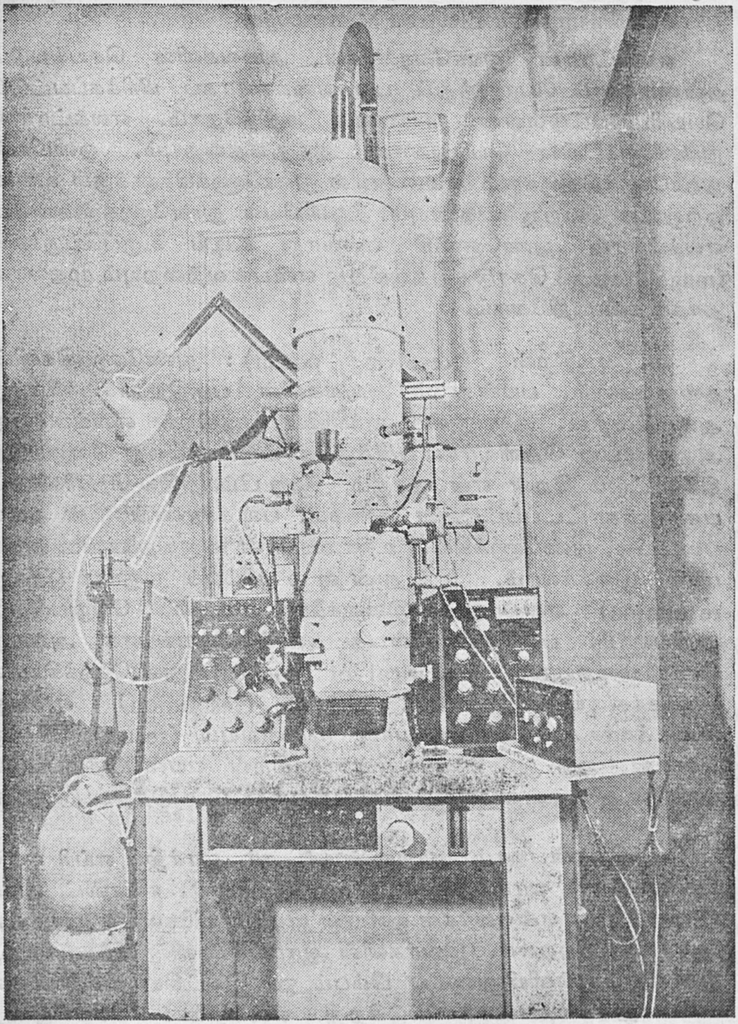
எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகளில் மின்னிழைக்கு (filament) கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தத்தைப் பொறுத்து 100Kev, 200Kev ...எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகள் என்றும் பகுக்கப்படுகின்றன. இவ் விதமான எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகள் பௌதிகவியல் (Physics), உயிரியல் (Biology), உலோகவியல் (Metallurgy), விவசாயவியல் (Agriculture) போன்ற பல துறைகளிலும், மற்றும் மிகமிகச் சிறியனவற்றைப் பல மடங்கு பெரியதாக்கிப் பார்க்கவேண்டிய தவசியமெனக் கருதப்படும் ஆராய்ச்சித் துறைகளிலும் (Research Fields) பெரிதும் பயனுள்ளதாக உள்ளன.

பல எண்ணற்ற துறைகளில் இந் நுண்ணோக்கிகள் பெரும்பான்மை யாகப் பயன்படுத்தப்பட்டாலும், படிகவியல் (Crystallography) துறை யில் படிக அமைப்பு (Crystal structure), படிகத் தளங்களுக்கிடையே யுள்ள தூரங்கள் (Interplaner distances), படிகத்திலுள்ள குறைபாடு கள் (Crystal defects), படிக உருமாற்றம் (Deformation), இட மாற்றத் தன்மைகள் (Dislocations in crystals) முதலியவை எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியால் எவ்வாறு ஆராய்ந்தறியப்படுகின்றன என்பதனையும் உலோகவியல் (Metallurgy), உலோகச் சேர்க்கையின் போது படிகங்களின் அமைப்பில் எவ்விதமான மாறுதல்கள் நிகழ் கின்றன, வெப்பநிலைகளுக்கேற்ப வீழ்படிவுகள் (precipitates) எவ்வாறு மாற்றம் அடைகின்றன, வீழ்படிவுகளின் வடிவளவு, கட்டமைப்புகள் எவ்வாறு மாற்றமடைகின்றன என்பன போன்ற குண இயல்புகளை ஆராய்ந்தறியவும் எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகள் பயன்படும் முறைகளை இச் சிறு நூலின் வாயிலாக அறியப்படுத்துவதே நோக்க மாகக் கொள்ளப்படுகிறது.



ஒளிப்படம் 1

ஹாலண்ட் பிலிப்ஸ் நிறுவனத்தாரால் செய்யப்பட்ட EM-300 (100 Kev) செலுத்துகை எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் ஒளிப்படம். இந் நூலில் பயன் படுத்தப்பட்டுள்ள ஒளிப்படங்கள் அனைத்தும் இந்த நுண்ணோக்கியில் ஆசிரியரால் எடுக்கப்பட்டவை. இந் நுண்ணோக்கி ஆஸ்லோ பல்கலைக்கழகத்திலுள்ள பௌதிகத் துறையில் உள்ளது. நுண்ணோக்கிக்குப் பக்கத்தில் EDAX-தொகுப்பும் உள்ளதைக் காணலாம்.



ஒளிப்படம் 2

ஜப்பான் JEOL என்ற நிறுவனத்தாரால் தயாரிக்கப்பட்ட JEM-200A (200 Kev) செலுத்துகை எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் ஒளிப்படம். இந்த நுண்ணோக்கியும் ஆஸ்லோ பல்கலைக்கழகத்திலுள்ள பௌதிகத் துறையில் உள்ளது.

2. செலுத்துகை எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் தத்துவம் (Principle of Transmission Electron Microscope)

எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகள், அவைகளின் செயல்படும் தன்மைகளைப் பொறுத்துப் பல வகைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுப் பெயரிடப்பட்டுள்ளன என்பதை அறிந்தோம். எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் பொதுவான தத்துவத்தையும், ஒளியியல் நுண்ணோக்கிகளுக்கும் எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகளுக்கும் உள்ள ஒற்றுமை வேற்றுமைகளையும், ஒளியியல் நுண்ணோக்கியைவிட எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி எவ்வாறு கூடிய உருப்பெருக்கம் (magnification) கொடுத்துதவுகிறது என்பனவற்றையும் முதலாவதாகக் கண்டறிவோம்.

அ. பகுதிறன் (Resolving power) : நுண்ணோக்கிகளின் தன்மைகளும், பயன்களும் அவைகளின் பகுதிறனைச் சார்ந்து அமைகின்றன. ஒரு நுண்ணோக்கியின் பகுதிறன் எனப்படுவது அதனுடைய தெளிவாகப் பகுத்துக்காட்டும் அல்லது வேறுபடுத்திக்காட்டும் திறன் என்பதாகும். ஒரு பிம்பத்தில் தெளிவாகப் பகுத்துக்காட்டப்பட்டுள்ள தன்மை, பல காரணங்களின் அடிப்படையில், நுண்ணோக்கியின் உண்மையான பகுதிறனைவிட அதிகமாக இருக்கலாம். இத் தன்மை பிம்பப் பகுப்பு (Image resolution) எனப்படும். இவைகளை எளிதில் வேறுபடுத்தி அறியலாம். பகுதிறன் என்பது கணக்கீட்டியல்பாக அல்லது செயல்முறையாக (theoratical or practical) நுண்ணோக்கியால் பகுக்கக்கூடிய திறனையும், பகுப்பு (resolution) என்பது கிடைக்கக்கூடிய உண்மையான முடிவையும் (result) விளக்குகின்றன. ஒரு நுண்ணோக்கியின் பகுதிறன் பயன்படுத்தப்படும் ஒளியின் அலை தன்மையைப் பொறுத்துக் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது.

பத்தொன்பதாம் நூற்றுண்டில் சர் ஜார்ஜ் எய்ரி (Sir George Airy), லார்டு ராலே (Lord Rayleigh), எண்ஸ்ட் அபே (Ernst Abbe) என்பவர்கள் ஒளியின் விழிப்பு விளைவுத்தன்மைகளை ஆராய்ந்தறிந்தனர். இவர்களின் ஆராய்ச்சிகளின் விளைவாக ஓர் ஒளி வீசும் புள்ளியினுடைய பிம்பம் ஓர் இலட்சிய வில்லையினுல் எவ்வாறு உண்டாக்கப்படுகிறது என்பதனைச் செயல்முறை வாயிலாக விளக்கமுடிந்தது. ஓர் இலட்சிய வில்லையினுல் ஒளி வீசும் ஒரு புள்ளி பிம்பமாக்கப்படும்போது உண்டாக்கப்படும் எய்ரி தட்டின் (Airy disk) விட்டத்தை, அபேயின் சமன்பாட்டின் உதவியினுல் கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்.

$$d = \frac{0{\cdot}612\lambda}{n \sin \alpha}$$

இந்தச் சமன்பாட்டில்,

d — சிறுமத்தில் அளக்கப்படும் முதலாவது இருள் வளையத்தின் (First dark ring) ஆரமாகும்.

λ — பிம்பத்தை ஏற்படுத்திய ஒளியின் அலைநீளம்.

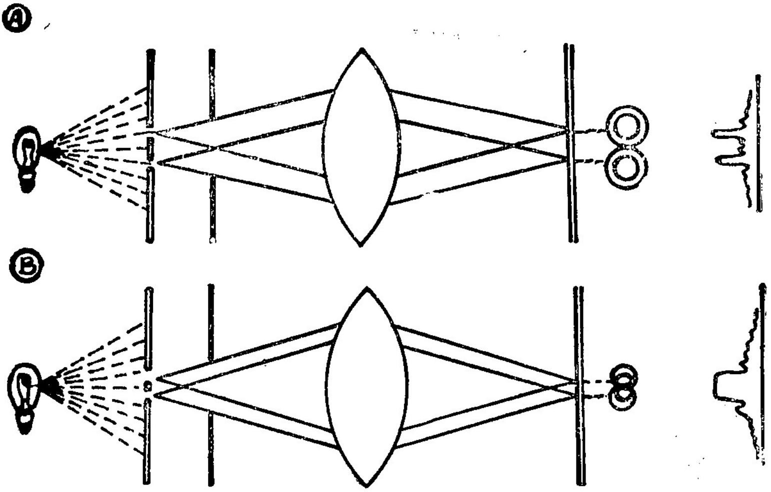
n — தனிவெளிக்கொத்த (relative to free space) ஒளிப்புள்ளிக்கும், வில்லைக்கும் இடையேயுள்ள ஊடகத்தின் விலகல் எண்ணாகும்.

α — பாதித்துளைக் கோணம் (Half-aperture angle). இது ரேடியன்ஸில் அளக்கப்படுகிறது.

இந்தச் சமன்பாடு ஒளி வெளிவிடும் புள்ளிகளுக்கு மிகவும் பொருத்தமானது என்றாலும், உருமாதிரியைச் (specimen) சென்றடையும் ஒளியூட்டியின் துளைக்கோணம் (Aperture angle) வில்லையினுடைய துளைக்கோணத்திற்குச் சமமாக இருக்கின்றபோது இச் சமன்பாட்டைச் செலுத்துகை ஒளிநுண்ணோக்கியின்(Transmission Light Microscope) பொருள்தளத்திலுள்ள புள்ளிகளுக்கும் பயன்படுத்தலாம். ஆகையினால் இச் சமன்பாட்டை ஒளி நுண்ணோக்கிகளுக்கும், எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகளுக்கும் பயன்படுத்தலாம் என்பது விளங்கும்.

அபேயின் சமன்பாடு விளிம்பு விளைவின் அளவை எண்ணுருவில் கொடுத்தாலும், அது பிறழ்ச்சியற்ற ஓர் ஒளியியல் தொகுப்பின் (Optical system) பகுப்புக் கட்டுப்பாட்டின் (Limit of resolution) மதிப்பையும் எண்ணுருவில் கொடுத்துதவுகிறது. இத் தன்மையை நாம் நன்கு அறிந்துணர, பொருள் தளத்தில் (Object plane) ஒரு குறுகிய தூரத்தில் அமைந்துள்ள இரு ஒளிப் புள்ளிகளின் இருவித வகைகளைக் கவனிப்போம். இந்த இரு ஒளிப்புள்ளிகளும் தன்னுடைய தனித்தனியான எய்ரி தட்டுகளைப் (Airy disks) பிம்பத் தளத்தில் (Image plane) ஏற்படுத்துகின்றன. இவ்விதமாக உண்டாக்கும் ஒளிப்புள்ளிகள் போதுமான அளவு வேறுபட்டு அமைந்திருந்தால், இவைகளால் உண்டாக்கப்படும் எய்ரி தட்டுகள் ஒன்றோடொன்று மேற்பொருந்தாமல் (overlap) இருப்பதால் இப் புள்ளிகள் எளிதில் பகுக்கப்படுகின்றன. ஆகையினால், அவைகளின் பிம்பங்கள் வேறுபட்ட இரு தெளிவான புள்ளிகளாக நன்றாகத் தென்படுகின்றன. இதற்கு மாறாக, இப் புள்ளிகளால் உண்டாக்கப்படும் எய்ரி தட்டுகள் மேற்பொருந்தி, ஒன்றினுடைய முதலாவது இருள் வளையம் (dark ring) மற்றொன்றின் மத்திய ஒளி வளையத்தோடு (bright ring) பொருந்துமானால்

இரு புள்ளிகளையும் வேறுபடுத்தித் தனியாகக் காண முடியாது. இத் தன்மையின் விளக்கங்களைக் கீழே காட்டப்பட்டுள்ள பட விளக்கத்திலிருந்து எளிதில் கண்டறியலாம்.



படம் 1-1

A-எய்ரி தட்டுகள் (Airy disks) ஒன்றோடொன்று பொருந்தவில்லை. புள்ளிகள் எளிதில் பகுக்கப்பட்டுள்ளன. பிம்பங்கள் தெளிவாகப் பிரிந்து தென்படுகின்றன.

B-எய்ரி தட்டுகள் ஒன்றோடொன்று பொருந்தியுள்ளன. புள்ளிகள் தெளிவாகப் பகுக்கப்படவில்லை. பிம்பங்கள் தெளிவாக வேறுபடுத்தப்பட்டுப் பிரிந்து தென்படவில்லை.

குறிப்பாகச் சொல்லவேண்டுமானால், இவ்விரு புள்ளிகளையும் பகுத்தறிய இவ்விரு புள்ளிகளினால் ஏற்படுத்தப்படும் எய்ரி தட்டுகளின் மையப்புள்ளிகள் d-ஐவிடச் சிறிது அதிகமான தூரத்தில் வேறுபட்டு அமையவேண்டும். d-ஐவிடச் சிறிது அதிகமான தூரத்தில் வேறுபட்டு அமையும் மையங்களையுடைய எய்ரி தட்டுகளை உண்டாக்கும் ஒளிப் புள்ளிகள் எளிதில் பகுக்கப் படுகின்றன. அபேயின் சமன்பாட்டில் d-ன் தன்மை பிம்பத் தளத்தை ஒப்பிட்டு எடுத்துக்கொள்ளாமல், பொருள் தளத்தை ஒப்பிட்டு எடுத்துக்கொண்டிருப்பதால், பொருள் தளத்தில் எடுத்துக்கொள்ளப்படும் இரு புள்ளிகள் d-ஐவிடச் சிறிது அதிகமான தூரத்தில் வேறாகப் பிரிந்து இருக்க வேண்டும்.

அபேயின் சமன்பாட்டிலிருந்து, ஓர் ஒளி நுண்ணோக்கியில் பகுப்பு அதிகமாக இருப்பதற்கு, d-ன் மதிப்புக் குறைந்ததாக

இருக்கின்றபோது அலைநீளம் λ குறைந்த மதிப்புடையதாகவும், அதே நேரத்தில் n-ன் மதிப்பும், $\sin\alpha$-வின் மதிப்பும் அதிகமாகவும் இருக்கவேண்டும். இவ்விதமான நிபந்தனைகளைச் சரியாக்கினுல் ஒளி நுண்ணோக்கியினுடைய பகுப்புக் கட்டுப்பாட்டை ஓரளவு நீக்குவதற்கு முயற்சி செய்யலாம். இவ்வித முயற்சியில் கீழ்க் கண்ட நிபந்தனைகள் கிடைக்கப் பெற வேண்டும்.

(அ) n-ன் மதிப்பை எவ்வளவு முடியுமோ அவ்வளவு அதிகமாக்க வேண்டும். காற்றிற்கு இதன் மதிப்பு ஒன்ருகும். அதாவது காற்று ஊடகமாகப் பயன்படுத்தப்பட்டால் $n=1$ ஆகும். இதற்கு எண்ணெயில் மூழ்க வைக்கப்பட்ட வில்லை அமைப்பைப் பயன்படுத்தலாம். சிற்காவிற்கு $n=1{\cdot}5$.

(ஆ) α-வின் மதிப்பு $90°$-க்கு மிக அருகில் இருக்க வேண்டும். ஏனெனில் $\sin\alpha=\sin 90=1$ ஆகும்.

(இ) λ-வின் மதிப்பு 4000Å-க்கு அருகில் இருக்க வேண்டும். வைலட் ஒளிக்கு (Violet light) அலைநீளம் 4000Å அருகில் இருக்கிறது. ஒளி அலைநீளங்களில் இந்த அலைநீளம் சாதாரணக் கண் நுணுக்கமாகக் காணும் அளவிற்குக் குறுகிய அலைநீளத்தை உடையது.

எடுத்துக்காட்டாக, $n=1{\cdot}5$ என்றிருக்கிறபோது, $\sin\alpha=0{\cdot}87$ எண்ணெயில் மூழ்க வைக்கப்பட்ட வில்லையின் N.A. (சாதாரணத் துளை) $=1{\cdot}3$, அலை நீளம் $\lambda=4000\text{Å}$ என்ருல், கணக்கீட்டியல்பாகக் கிடைக்கக் கூடிய பகுப்பு $=0{\cdot}2\mu$ ஆகும்.

அபே சமன்பாட்டின்படி,

$$d=\frac{0{\cdot}61\times 4000}{(1{\cdot}5)(0{\cdot}87)}$$

$$=1870\text{Å}$$

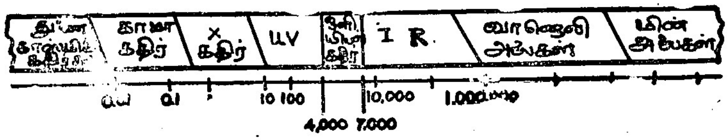
$$=0{\cdot}187\mu$$

(குறிப்பு : $1\mu=10{,}000\text{Å}$ ஆகும்)

ஆகையினுல், உருமாதிரியிலுள்ள இரண்டு புள்ளிகளுக் கிடையேயுள்ள தூரம் $d=0{\cdot}187\mu$ என்ற மதிப்புக்குக் குறைவாக இருந்தால் அவைகளைப் பிம்பத்தளத்தில் இரு தனிப்பட்ட தெளி வான புள்ளிகளாகக் காண முடியாது. இதற்கு மாருக அவைகள் ஒன்றுசேர்ந்த தெளிவற்ற ஓரே பிம்பமாகத் தென்படும்.

n-னினுடைய மதிப்பையும், sinα-வின் மதிப்பையும் ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பிற்குமேல் அதிகரிக்க முடியாது. ஆகையினால், d-ன் மதிப்பைக் குறைத்துப் பகுதிறனை மேலும் அதிகரிக்க நமக்கு உள்ள ஒரே வாய்ப்பு λ - ன் மதிப்பை முடியும்வரை குறைப்பது தான்.

ஆ. குறைந்த அல்லது குறுகிய அலைநீளத்தைப் பயன்படுத்திக் கூடிய பகுதிறனைப் பெறும் முயற்சி : நுண்ணோக்கிகளில் பகுதிறனை அதிகமாக்க வேண்டுமெனில் d-ன் மதிப்பைக் குறைத்துப் பகுதிறனை அதிகமாக்க λ-ன் மதிப்பைக் குறைக்க வேண்டுமென்று அறிந்தோம். பச்சை ஒளியினுடைய அலைநீளம் சுமார் 5000Å-க்கு அருகில் உள்ளது. அல்ட்ரா வைலட் ஒளியின் (Ultra violet light) அலைநீளம் சுமார் 2500Å-க்கு அருலுள்ளது. படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள மின்காந்த நிறமாலையைக் (Electro Magnetic Spectrum) கவனிப்போமானால் Xகதிர்களின் அலைநீளம் 1Å-க்கும் குறைவாக இருப்பதைப் பார்க்கலாம்.



படம் 1 - 2
மின்காந்த நிறமாலை

ஆனால் திருப்திகரமான Xகதிர் வில்லைகள் இன்னமும் அமைக்கப்படவில்லை. ஆகையினால், குறுகிய அலைகளையுடைய Xகதிர்கள் நுண்ணோக்கிகளில் பயன்படுத்த முடியாத நிலையில் உள்ளன.

ஒளிக்கதிரை இரு ஊடகங்களுக்கு இடையேயுள்ள எல்லைக் கோட்டில் விலக்குதல்போன்று, மின்னூட்டங்கள் அடங்கிய கற்றையை நிலைமின்புலம் அல்லது காந்தப் புலத்தின் உதவியினால் விலக்குவதற்கான வாய்ப்பைப் பயன்படுத்தி எலக்ட்ரான் கற்றையைக் குவிப்பதற்கு முயற்சி எடுத்துக்கொள்ளப்பட்டது. 1926ஆம் ஆண்டு பஸ்ச் (Busch) என்பவர் முதன்முதலாக இவ்விதமான எலக்ட்ரான் வில்லைகளின் தன்மைகளை அச்சுக்கோட்டுச் சமதன்மைப் புலத்தின் உதவியினாலான கணக்கீட்டுப் பகுப்பாய்வை(Theoretical analysis) வெளியிட்டார். இந்த ஆராய்ச்சியின் விளைவாக எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் அமைப்பைப் பற்றியும் அதன் செய்முறைகளைப் பற்றியும் எண்ணங்கள் உதய

மாயின. இதற்குச் சிறிது காலம் முன்னதாக 1924ஆம் ஆண்டு லூயிஸ் டி புரோக்லி (Louis de Broglie) என்பவர் எலக்ட்ரான்கள் அலைத்தன்மையை உடையனவே என்றார். இந்த உண்மையை டேவிசனும், ஜெர்மெரும் (Davison and Germer) செய்முறை வாயிலாக ஊர்ஜிதம் செய்தனர்; எலக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவை (Electron Diffraction) ஏற்படுத்தி, அதன் வாயிலாக எலக்ட்ரான்களுக்கு அலைத் தன்மை உண்டு என நிரூபித்து வெற்றிகண்டனர்.

ஓர் எலக்ட்ரானின் நிறைக்கும், அதனுடைய அலை நீளத்திற்கும் உள்ள தொடர்பைக் கீழ்க்கண்டவாறு எழுதவும்.

$$\lambda = \frac{h}{mv} \qquad \dots \quad (1)$$

இதில் h—பிளாங்கின் மாறிலி (Planck's constant).

m—எலக்ட்ரானின் நிறை.

v—எலக்ட்ரானின் திசைவேகம்.

எலக்ட்ரான்கள் ஒரு நிலை மின்புலத்தின் வாயிலாக முடுக்கப்படும்போது, அவைகளினுடைய திசைவேகங்களை நிலை மின் அழுத்தத்தோடு தொடர்புண்டாக்கிக் கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்.

$$\tfrac{1}{2} mv^2 = e\phi$$

$$v = \sqrt{\frac{2e\phi}{m}} \qquad \dots \quad (2)$$

இதில் e—எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டம்.

ϕ—நிலை மின் அழுத்தம்.

ஆகையினால் சமன்பாடுகள் (1), (2) இவைகளிலிருந்து,

$$\lambda = \frac{h}{m\sqrt{\frac{2e\phi}{m}}}$$

$$= \frac{h}{\sqrt{2me\phi}} \qquad \dots \quad (3)$$

$h = 6.6 \times 10^{-27}$; $m = 9.1 \times 10^{-28}$; $e = 4.8 \times 10^{-10}$ e.s.u என்ற மதிப்புகளைச் சமன்பாடு (3)-ல் பிரதியீடு செய்தால்,

$$\lambda = \sqrt{\frac{150}{\phi}}\ \text{Å}$$

உதாரணமாக $\phi = 100$ Kv என எடுத்துக்கொண்டால்,

$$\lambda = 0{\cdot}04\ \mathring{A}$$

இந்த அலைநீளம் $\lambda = 0{\cdot}04\mathring{A}$ என்பது ஒளிஅலையைவிட 10^5 மடங்கு குறுகியது. மேலும், இது திடப்பொருளின் அணுக்களின் இடைத்தூரத்தை (spacings) விட (அதாவது, திடப்பொருளில் அணுக்களின் இடைவெளித்தூரம் சுமார் 2—5 $\mathring{A}$ ஆகும்) மிகவும் சிறியதாக உள்ளது.

3. எலக்ட்ரான் கற்றையின் தன்மையும், அதன் அலைநீளம் முடுக்கும் மின்னழுத்தத்தைச் சார்ந்திருப்பதும்

எலக்ட்ரான்கள் அலைத்தன்மையையுடையன. ஆகையினால், அவைகளை ஒளியைப்போன்று பயன்படுத்தலாம். அதேநேரத்தில் ஒளியின் அலையைவிட 10^5 மடங்கு குறுகியவை. ஆகையினால், எலக்ட்ரான் அலையைப் பயன்படுத்தி d-ன் மதிப்பை எந்த அளவிற்குக் குறைத்து உயர் பகுதிறன் நுண்ணோக்கிகள் தயாரிக்கலாம் என்பதைக் காணுவோம்.

$$\text{அலைநீளம்}\quad \lambda = \frac{h}{mv} \qquad \dots\ (1)$$

ஓர் எலக்ட்ரானை v மின்னழுத்தின் வாயிலாகச் செலுத்தும்போது அதனுடைய இயக்க ஆற்றல்,

$$\tfrac{1}{2}mv^2 = ev \qquad \dots\ (2)$$

e—எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டம்,

சமன்பாடு (1), சமன்பாடு (2) இவைகளிலிருந்து,

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mev}} \qquad \dots\ (3)$$

h, m, e முதலியவைகளுக்கு மதிப்புகளைக் கொடுத்தால்,

$$\lambda = \frac{12{\cdot}3}{\sqrt{v}}\mathring{A} \qquad \dots\ (4)$$

இச் சமன்பாடு எலக்ட்ரானின் அலைநீளம், மின்னழுத்தம் v-ன் மதிப்பைச் சார்ந்து அமைகிறது என்பதும், v-ன் மதிப்பை மாற்றினால் λ-ன் மதிப்பு அதற்கொப்ப மாற்றப்படும் என்பதும் தெரிகிறது. v-ன் மதிப்பை மிகவும் அதிகரித்து மிகக் குறுகிய அலைநீளத்தை உண்டாக்கிப் பகுதிறனை மிகவும் அதிகரிக்கலாம்.

அபேயின் சமன்பாட்டைக் கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம் :

$$d = \frac{(0 \cdot 61)\ (12 \cdot 3)}{n\ \sin\alpha \sqrt{v}} \qquad \dots \quad (5)$$

எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் துளைக் கோணங்கள் எப்பொழுதும் மிகமிகச் சிறியவை. $\sin\alpha \simeq \alpha$. மேலும் பொருளும், பிம்பமும் வழக்கமாகப் புலத்தனி வெளியில் இருப்பதால் ஒளி விலகல் எண் $n = 1$. ஆகையினால் சமன்பாடு (5) - ஐ,

$$d \approx \frac{7.5}{\alpha \sqrt{v}}\ \text{Å} \qquad \dots \quad (6)$$

என்று எழுதலாம்.

ஓர் எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் பகுப்பு நிலையை அடிப்படையாக மின்னழுத்தத்தின் மதிப்பைக் கொண்டும், பொருளருகு வில்லையின் கோணத் துளையைக் கொண்டும் தீர்மானிக்கப்படுகிறது. ஆகையினால்,

$$\alpha = 10^{-2} \text{ ரேடியன்ஸ்}$$

$$v = 10^{5} \text{ வோல்ட் என்றும் கொண்டு,}$$

$$d \approx 2.4\ \text{Å}$$

முடுக்கும் மின்னழுத்தத்தை மாற்றும்போது அதற்கொப்ப λ - வின் மதிப்பும், α - வின் மதிப்பும் மாறுகின்றன. இவைகள் மின்னழுத்தம் v-க்குத் தக்கவாறு மாறுவதைப் பின்கண்ட அட்டவணையின் மூலம் நன்கு அறியலாம். λ - வும், d -யும் குறையக் குறையப் பகுப்புத்தன்மை அதிகமாகிக் கொண்டே செல்கிறது. ஒளி நுண்ணோக்கியைவிட எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி மிகவும் பயனுள்ளதாக இருப்பதற்கு இதுவே காரணமாகும்.

வரிசை எண்	மின்னழுத்தம் v வோல்ட்	அலை நீளம் $\lambda \mathring{A}$	பகுக்கப்படும் இரு புள்ளிகளுக் கிடையுள்ள தூரம் $d\mathring{A}$
1	60 kev	0·0500	3·0619
2	80 ,,	0·0433	2·6516
3	100 ,,	0·0387	2·3716
4	120 ,,	0·0354	2·1651
5	140 ,,	0·0327	2·0045
6	160 ,,	0.0306	1·8750
7	180 ,,	0·0289	1·7678
8	200 ,,	0·0274	1·6771

4. எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் அடிப்படைத் தத்துவம்

ஓர் எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் அடிப்படைத் தத்துவங் களைக் கீழ்க்கண்டவாறு குறிப்பிடலாம் :

1. எலக்ட்ரான்களுக்கும் ஒளியைப்போன்று அலைத்தன்மை உண்டு. அதேநேரத்தில் எலக்ட்ரான் அலைநீளம் மிக மிகக் குறுகியது.

2. ஒளிக் கதிர்களைக் கண்ணுடி வில்லைகளின் உதவியினுல் குவியச்செய்வது போன்று எலக்ட்ரான் கற்றையை ஒரு பொருத்தமான மின்புலம் அல்லது காந்தப்புலம் வாயி லாகச் செலுத்திக் குவியச் செய்யலாம்.

3. எலக்ட்ரான் கற்றையின் அலைநீளத்தை மின் அல்லது காந்த அழுத்தத்திற்குத் தக்கவாறு கூட்டவோ அல்லது குறைக்கவோ முடியும்.

4. எலக்ட்ரான் கற்றையின் அலைநீளம் குறையக் குறைய உருப்பெருக்கம் அதிகரிக்கிறது.

5. கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தம் மாருமலிருக்கும்போது எலக்ட்ரான் வில்லையின் குவிய தூரம் மாருமலிருக்கும்.

ஆனுல், பயனுள்ள உருப்பெருக்கம் கிடைக்க வேண்டுமானுல் இரண்டு நிபந்தனைகள் பூர்த்தி செய்யப்படவேண்டும். அதிகமான பகுப்புத் தன்மையும், பகுக்கப்பட்ட குறிப்புகளைக் காணும் தெளிவுத்தன்மையும்அமைய வேண்டும். அதாவது, காணக்கூடிய

தெளிவுத்தன்மையோடு கூடிய பகுப்புத் தன்மையும் இருப்பின் உருப்பெருக்கம் அதிகரிப்பதுடன், உபயோகமான உருப்பெருக்கமாகவும் அமைகின்றது. அதிகமான உருப்பெருக்கம் இருக்கின்றபொழுது தெளிவுத்தன்மை இல்லையெனில் அவ்விதமான உருப்பெருக்கம் பயனில்லாமற் போய்விடும். பகுப்புத்தன்மை அதிகரிக்கின்றபொழுது தெளிவுத்தன்மை குறைகிறது. பிம்பத்தின் அளவு அதிகமாகிறபோது தெளிவுத்தன்மை அதற்கொப்ப இல்லாவிடில் பிம்பம் தெளிவற்றுக் காணப்படுகிறது. இவ்விதப் பெருக்கத்தில் நுண்ணோக்கியின் உபயோகம் தடைப்படுகிறது. ஒளியியல் நுண்ணோக்கிகளில் உருப்பெருக்கத்திற்கு ஏற்றவாறு தெளிவுத்தன்மை அதிகரிப்பதில்லை. ஆகையினால், ஒளி நுண்ணோக்கிகளின் உபயோகம் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது.

(அ) எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் பகுதிறன்: எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகளில் தெளிவாகக் காணும் தன்மையைக் கணக்கில் கொள்ளாமல் உருப்பெருக்கத்தை மட்டும் எவ்வளவு வேண்டுமானாலும் அதிகரிக்கலாம். நுண்ணோக்கியின் பகுதிறன் இரு தன்மைகளைச் சார்ந்து அமைகிறது. அதாவது, பயன்படுத்தப்படும் ஒளியின் அலையையும், எண்ணளவிலான துளையையும் சார்ந்து பகுதிறன் அமைகிறது. உபயோகப்படுத்தும் ஒளிஅலை குறுகியதாக இருப்பதற்குத் தக்கவாறு பகுதிறன் அதிகரிக்கிறது. ஒளி மிகக் குறுகியதாக இருந்தால் பகுதிறன் அதிகமாக இருக்கும். ஆனால், எண்ணளவிலான துளை (Numerical aperture) குறைவாக இருந்தால் பகுதிறனும் குறைவாக இருக்கும். இப்பொழுது எலக்ட்ரான் கற்றை சிதறும்போது அல்லது விளிம்பு விளைவிற்குட்படும்பொழுது, டி புரோக்லியின் (de Broglie) கூற்றுப்படி எலக்ட்ரானினுடைய அலைநீளம்,

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$ என்று எழுதப்படுகிறது.

இதில் h—என்பது பிளாங்கின் மாறிலி (Planck's Constant).

m—எலக்ட்ரானின் நிறை.

v—எலக்ட்ரானின் திசைவேகம்.

இப்பொழுது எலக்ட்ரான் 60,000 வோல்ட் மின் அழுத்தத்தில் முடுக்கப்படுவதாகக் கொண்டால், எலக்ட்ரானின் திசைவேகம் v-ஐ $\frac{1}{2}mv^2 = eV$ என்ற சமன்பாட்டிலிருந்து கணக்கிடலாம்.

V என்பது மின்னழுத்தத்தின் மதிப்பு. இங்கு $V = 60,000$ வோல்ட் எலக்ட்ரானின் நிறை $m = 9 \times 10^{-28}$ கிராம் எனக் கொண்டு, அலைநீளம் λ-வின் மதிப்பு 5×10^{-10} செ.மீ. என வருகிறது. இவ்வலை நீளம் கட்புலனாகா ஒளியின் அலை நீளத்தை விட 10^5 மடங்கு சிறியதாக உள்ளது. ஆகையினால் எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் பகுதிறன் ஒளி நுண்ணோக்கியின் பகுதிறனைவிட 10,000 மடங்கு அதிகமாக இருக்கிறது.

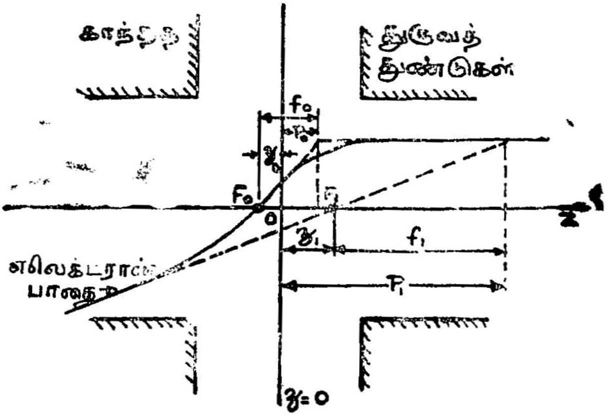
(ஆ) எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் தெளிவுத்தன்மை (Perceptibility) : இரண்டாவது நிபந்தனையாகக் கூறப்பட்ட தெளிவுத் தன்மை எலக்ட்ரான் கற்றையைக் குவியச் செய்யும்போது அதிகமான பகுதிறனில்கூட நன்றாக உள்ளது. எலக்ட்ரான் கற்றையில் எலக்ட்ரான்கள் அதிகமாக இருக்கின்றபொழுது அதிக எண்ணிக்கையளவில் எலக்ட்ரான்கள் சிதறும்படியாகச் செய்யப்படுவதனால், பொருளின் எல்லாக் குறிப்புகளும் தெளிவாகத் தென்படும்படியாகச் செய்யப்படுகிறது. இதற்குத் தேவையான எலக்ட்ரான்கள் எலக்ட்ரான் கற்றையைச் செறிவுள்ளதாகவும், வேகமான கற்றையாகவும் செய்யும்பொழுது கிடைக்கப்பெறுகின்றன. இதற்காக இரண்டு விதமான குவிய வைக்கும் முறைகள் (Focusing methods) பயன்படுத்தப் படுகின்றன. அவையாவன :

1. மின்னிலையியல் குவியும் முறை (Electrostatic focusing method).
2. மின்காந்தவியல் குவியும் முறை (Electro magnetic focusing method).

ஆனால், இவ்விரு குவியும் முறைகளில் மின்காந்தவியல் குவியும் முறை சிறந்ததாகக் கருதப்படுகிறது. ஏனெனில், மின்காந்த வில்லைகளின் உருட்சிப் பிறழ்ச்சி எண்ணும் (K_s), நிறப்பிறழ்ச்சி எண்ணும் (K_c) இவைகளுக்கொத்த மின்னிலையியல் வில்லைகளின் எண்களைவிடச் சிறியவையாக உள்ளன. மேலும், மின்னிலையியல் வில்லைகளுக்குத் தேவையான அளவு உயர் வெற்றிடம் மின்காந்த வில்லைகளுக்குத் தேவையில்லை. சிறிது குறைவான வெற்றிட வசதியில் மின்காந்த வில்லைகள் நன்கு செயல்படும்.

(இ) மின்காந்த வில்லையின் தன்மையும் அதன் குவிய தூரமும் : ஒரு மின்காந்த வில்லையின் முதன்மையான தன்மைகளாவன : மின்காந்த வில்லையின் குவிய தூரம், உருட்சிப் பிறழ்ச்சி நிறப் பிறழ்ச்சி தயாரிக்கும் பொழுது ஏற்படும் ஒத்த அமைப்பு

பிழைகளினுல் உண்டாக்கப்படும் அஸ்டிக்மேட்டிசம் (Astigmatism) என்பன மற்ற பிறழ்ச்சிகள் மிக மிகச் சிறிய அளவி லானவைகளாதலால் அவைகளைத் தள்ளிவிடலாம்.



படம் 1 - 3

மின்காந்த வில்லையின் தன்மையையும், அதன் குவிய தூரத்தின் அளவையும் விளக்கும் படம்

காந்த வில்லையின் குவிய தூரமும், அதன் தொலைவும் மேற் கண்ட படத்திலிருந்து அறியலாம். OZ என்பது வில்லையினுடைய அச்சாகும். இந்த அச்சுக்குச் செங்குத்தான கோடான $Z=O$ என்பது மத்திய தளத்தைக் காட்டுகிறது. ஓர் எலக்ட்ரான் வில்லையினுள் புகுந்து செல்லும் பாதை படத்தில் காட்டப்பட்டு உள்ளது. இது வில்லையின் மையப்புள்ளியிலிருந்து Z_0-தொலைவில் வில்லையின் அச்சை F_0-என்ற புள்ளியில் குறுக்கிட்டுச் சென்று, பின்னர் வில்லையின் அச்சிற்கு இணையாக வில்லையை விட்டு வெளிச் செல்கிறது.

இந்த வில்லையைப் பொருளருகு வில்லையாகப் பயன்படுத்தப் பட வேண்டுமானுல், எண்ணிலா உருப்பெருக்கம் (Infinite magnification) அடைய வாய்ப்பாக, பொருளை F_0-என்ற புள்ளியில் வைக்க வேண்டும். சாதாரணமாக இதற்கொத்த நிபந்தனையில் தான் பயன் படுத்தப்படுகிறது. எலக்ட்ரான் செல்லும் பாதையில் F_0-என்ற புள்ளியில் தொடுவியலான (Tangential) ஒரு கோடு வரைந்து படத்தில் காட்டப்பட்டிருப்பது போன்று, வெளிச் செல்லும் எலக்ட்ரான் பாதையின் பின் தொடர்கோட்டோடு வில்லையின் மையத்திலிருந்து P_0-தொலைவில் வெட்டும்படியாக வரைந்தால், இந்த வெட்டுப் புள்ளியான P_0-வின் வழியாக

வரையப்படும் தளம் முதன்மைத் தளமாகிறது. பொருளருகு வில்லையினுடைய குவிய தூரம் (Focal length) கீழ்க்கண்டவாறு எழுதப்படுகிறது.

$$fo = Po + Zo$$

இந்த வில்லையை எறிந்து காட்டும் வில்லையாகப் பயன் படுத்தினால், உள்வரும் எலக்ட்ரான் கதிர் விலகலின்றித் தொடர்ந்து சென்று வில்லையின் அச்லச F_1 என்ற புள்ளியில், வில்லையினுடைய மையத்திலிருந்து Z_1 தொலைவில் குறுக்கிட்டுச் சென்று மேலும் தொடர்ந்து, வெளிச் செல்லும் எலக்ட்ரான் கதிரை வில்லையின் மையத்திலிருந்து P_1 தொலைவில் வெட்டு கிறது. ஆகையினால், எறிந்து காட்டும் இவ்வில்லையின் முடிவான குவிய தூரம் கீழ்க்கண்டவாறு எழுதப்படுகிறது.

$$f_1 = p_1 - z_1$$

ஆகையினால், பொருளருகு வில்லையாகப் பயன்படுத்தப்படும் வில்லையின் குவிய தூரத்தைவிட, எறிந்து காட்டும் வில்லையாகப் பயன்படுத்தப்படும் வில்லையினுடைய குவிய தூரம் அதிகமாக இருக்கிறது. அதாவது f_1, f_0ஐ விட நீளமானதாகும். ஆகையினால் குவியப் புள்ளி (Focal point) வில்லைக்கு வெளியே இருக்கின்ற பொழுது, அதாவது வலிமை குன்றிய வில்லைகளுக்கு

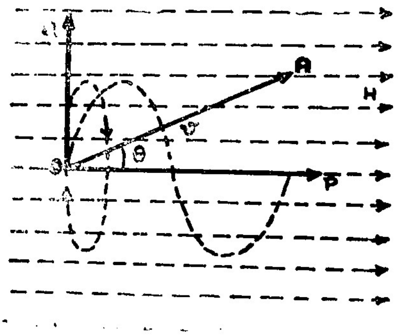
$$f = f_1 = f_0 = z_1$$

என்று எழுதலாம், ஆனால், மின்னிலையியல் வில்லைகளில் f_0-வின் மதிப்புகளைப் பயன்படுத்த முடியாது. ஏனெனில், இவைகள் பொருளை மின்னிலையியல் புலத்தினுள் கொண்டு வருவதால் பொருள் புலத்தைச் சிதையச் செய்யலாம். இதேபோன்று, மின்காந்த வில்லைகளிலும், பொருளோ அல்லது பொருளின் தாங்கியோ காந்தத் தன்மையுடையதாக இருந்தால் காந்தப் புலம் சிதைவு படலாம். ஆனால், பொதுவாக இவைகள் தவிர்க்கப்படுகின்றன.

1. மின்காந்தவியல் குவியும் முறை

படத்தில் காட்டியிருப்பது போன்று, ஒரு சீரான காந்தப்புல வலிமை H என்ற அளவைக் கொண்ட புலத்தினுள் உள்ள O என்ற புள்ளியில் காந்தப் புலத்தின் திசையோடு θ-என்ற கோணத்தை ஏற்படுத்திக் கொண்டு V என்ற திசை வேகத் தோடு நகர்ந்து செல்லும் ஒரு எலக்ட்ரானைக் கவனிப்போம்.

எலக்ட்ரானின் திசை வேகம் OA என்று காட்டப்பட்டுள்ளது. எலக்ட்ரானின் திசை வேகத்தை இரு திசைக் கூறுகளாக ஒன்று OP என்ற திசையிலும், மற்றொன்று OQ என்ற திசையிலும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக இருக்கும்படியாகப் பிரிக்கலாம்.



படம் 1 - 4
காந்தவியல் குவியும் முறையைத் தெளிவாக்கும்படம்

OP என்ற திசையில் எடுத்துக் கொள்ளப்படும் திசைக்கூறு $V \cos \theta$-விற்குச் சமமாகவும், OQ என்ற திசையில் எடுத்துக் கொள்ளப்படும் திசைக்கூறு $V \sin \theta$-விற்குச் சமமாகவும் இருக்கின்றன. இப்பொழுது $V \sin \theta$, $V \cos \theta$ என்ற இரு தனித் தனியான திசை வேகங்களையுடைய எலக்ட்ரான்களாகப் பாவனை செய்து, அவைகளின்மீது காந்தப்புலத்தின் விளைவைக் கவனித்தால், $V \cos \theta$ என்ற திசை வேகத்தோடு நகரும் எலக்ட்ரான் H-யின் திசையிலேயே நகர்வதால் எவ்வித விலகலும் இன்றி ஒரே நேர் கோட்டிலேயே நகர்ந்து செல்லும். ஆனால், H-ன் திசைக்குச் செங்குத்தான திசையில் $V \sin \theta$ என்ற திசை வேகத்தில் நகரும் எலக்ட்ரான் ஒரு வட்டப்பாதையில் நகர்ந்து மறுபடியும் O என்ற புள்ளியையே வந்து சேரும். ஆகையினால், ஒரே சமயத்தில் $V \cos \theta$, $V \sin \theta$ என்ற இரு திசை வேகங்களை யுடைய ஒரு எலக்ட்ரான் ஒரு வட்டமான பாதையிலும் சென்று, அதே சமயத்தில் OP என்ற திசையிலும் சீரான $V \cos \theta$ என்ற திசை வேகத்தோடு முன்னேறிச் செல்லும். அதாவது இவ்விதமான எலக்ட்ரானின் பாதை ஒரு கம்பிச் சுருளைப் போன்றதாகும். வட்டப்பாதை முடிவடையும் நேரத்தில், எலக்ட்ரான் P என்ற புள்ளியைச் சென்று அடையும். ஒரு வட்டப்பாதையை முடிக்க எலக்ட்ரான் எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம் t எனக்

கொண்டால், t -ன் மதிப்பைக் கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிட்டறியலாம். $V \sin \theta$ என்ற திசை வேகத்தோடு வட்டப்பாதையில் செல்லும் எலக்ட்ரானின் திசை வேகத்தைக் கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்.

$$H e v \sin \theta = \frac{m (v \sin \theta)^2}{r} \quad \ldots (1)$$

இதில் r - என்பது வட்டப்பாதையில் ஆரமாகும்.

$$\text{இப்பொழுது} \quad t = \frac{2 \pi r}{V \sin \theta} \quad \ldots (2)$$

சமன்பாடு (1) - லிருந்து $V \sin \theta = \frac{Her}{m}$

$$\text{அதாவது } t = \frac{2 \pi r}{H (e/m) r}$$

$$= \frac{2 \pi}{H (e/m)} \quad \ldots (3)$$

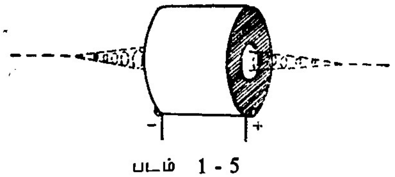
கம்பிச் சுருளின் சுருளினிடைத்தூரம் l என எடுத்துக் கொண்டால், t என்ற நேரத்தில் எலக்ட்ரான் OP என்ற திசையில் நகரும் தூரம்,

$$l = V \cos \theta \times t = \frac{2 \pi}{H (e/m)} V \cos \theta \quad \ldots (4)$$

என்று எழுதப்படுகிறது.

சமன்பாடு (4) - லிருந்து t-ன் மதிப்பு θ-வின் மதிப்பைச் சார்ந்து அமைவதில்லை என்பது தெரிகிறது. ஆகையினால் O என்ற புள்ளியிலிருந்து தொடங்கி நகர்ந்து OP என்ற திசையைவிட்டு விலகிச் செல்லும் ஓர் எலக்ட்ரானைச் சீரான காந்தப்புலத்தின் விசையினால் காந்தப்புலத்தின் திசையில் l தொலைவில் உள்ள P என்ற புள்ளியைச் சென்றடையச் செய்கிறது. காந்தப்புலம் இல்லாத பொழுது எலக்ட்ரான் OA என்ற திசையில்தான் நகரும். இதிலிருந்து O என்ற புள்ளியிலிருந்து ஒரு மூலம் எலக்ட்ரான்களை விரிந்து செல்லும் கற்றையாக வெளியிட்டாலும் அவைகளை ஒரு சீரான காந்தப் புலத்தின் உதவியினால் காந்தப்புலத் திசையில் l தொலைவில் ஒன்றாகக் குவியும்படியாகச் செய்து விடலாம் என்பது தெரிகிறது.

ஆகையினால் ஒரு காந்தப்புலம் ஓர் எலக்ட்ரான் கற்றையின்மீது செயல்படும் தன்மை ஒரு கண்ணாடிவில்லை ஒளிக்கதிர்கள் அல்லது ஒளிக்கற்றையின் மீது செயல்படும் தன்மையை ஒத்திருப்பதால் இதற்கு "காந்த வில்லை" எனப்படுகிறது. காந்த வில்லையின் குவிய தூரம் 'l' என்று கொள்ளப்படுகிறது. l-ன் மதிப்பைச் சரி செய்து எலக்ட்ரான்கள் இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட சுற்றுகள் சுற்றும்படியாகச் செய்தால் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட குவியப் புள்ளிகள் l, $2l$, $3l$........... போன்ற தூரங்களில் ஏற்படும்படியாகச் செய்யலாம். l-ன் மதிப்பை மாற்றுவதற்கு காந்தப்புலம் H-ன் மதிப்பை மாற்ற வேண்டும். ஆகையினால், காந்தவில்லையின் ஒரு தனிப்பட்ட தன்மை என்னவெனில் காந்தவில்லையின் குவிய தூரத்தை அதனுடைய காந்தப்புலம் H-ன் மதிப்பை மாற்றுவதன் மூலம், மாற்றுவதற்கு வாய்ப்பாக உள்ளது. இத்தன்மை ஒளி வில்லைகளுக்குக் கிடையா! ஒளி வில்லைகளின் குவிய தூரங்களை வில்லைகளையே மாற்றிப் பொருத்துவதின் மூலம்தான் மாற்ற முடியும். அதுவும் வேண்டிய அளவிற்கு நினைத்தபடி மாற்ற முடியாது. காந்தவில்லை ஒரு சிறந்த ஒளிவில்லைக்கு ஊடகமாக (Refractive Medium) செயல்பட்டு எலக்ட்ரான் கற்றையைக் குவியும்படியாகவோ, விரியும்படியாகவோ செய்து உதவுகிறது. அத்துடன் அதனுடைய குவிய தூரத்தை வேண்டிய அளவு எளிதில் மாற்றிப் பயன்படுத்தலாம். பாஸ்ச் (Busch) என்பவர் முதன்முதலாக எலக்ட்ரான் ஒளியியலுக்கு (Electron Optics) கணக்கீட்டு முறைகளையும், கணக்கீட்டுத் தீர்வுகளையும் அடிகோலி உதவினார். அவர் கணக்கீட்டு வாயிலாக ஒரு சீரற்ற காந்தப்புலத்தை ஒரு குறுகிய வரிச் சுருளின் (Solenoid) அச்சு வழியாக ஏற்படுத்தும்போது அது ஒரு காந்த வில்லையாகச் செயல்படுகிறது என்றும், அதனுடைய குவிய தூரம், காந்தப்புல வலிமை, எலக்ட்ரான் திசை வேகம் இவைகளுக்கான தொடர்பு இதற்கொத்த ஒளியியல் சமன்பாடுகளுக்கான தொடர்போடு ஒத்து உள்ளது என்றும் நிரூபித்தார்.



படம் 1 - 5
காந்த வில்லையில் எலக்ட்ரான் கற்றையைக் குவிய வைக்கும் விளைவைக் காட்டும் பட விளக்கம்

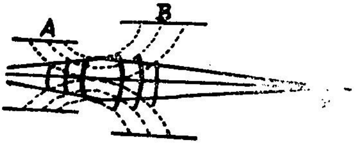
படத்தில் ஒரு எலக்ட்ரான் ஒரு சீரான காந்தப்புல அச்சை விட்டு விரிந்து செல்லும் பொழுது, அதை எவ்வாறு காந்தப்புலம்

தன்னுடைய விசையினுல் குவியும்படிச் செய்து மறுபடியும் காந்தப்புல அச்சிலேயே மற்றொரு புள்ளியில் குவிக்கிறது என்பது விளக்கமாகக் காட்டப்பட்டுள்ளது. எண்ணற்ற எலக்ட்ரான்கள் ஒரே திசை வேகத்தில் ஒரு புள்ளியை விட்டுப் பல பாதைகளின் வழியாக, வேறுபட்ட கோணங்களில் விரிந்து சென்ருலும், அவைகள் அனைத்தும் சுருள் வட்டப்பாதையின் முடிவில் மற்ரொரு புள்ளியில் குவியச் செய்யப்படுகின்றன. காந்தப்புலம் ஒரு வில்லையைப் போன்று செயல்படுகிறது. காந்த வில்லைகளில் குவியச் செய்யும் செயல் மின்காந்தங்களின் மூலம் அனுப்பப்படும் மின்னேட்டங்களை மாற்றுவதன் மூலம் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. மின்னேட்டத்தை மாற்றுவதன் மூலம் காந்தப்புல வலிமை மாற்றப்படுகிறது. இதனுல் காந்த வில்லையின் குவியதூரமும் இதன் காரணமாக 'ஒளிவிலக்கு ஊடகமும்' தள வளைவு ஆரமும் (Radius of Curvature) மாற்றப்படுகின்றன.

மின்காந்தத்திற்குப் (Electromagnet) பதிலாக நிரந்தரக் காந்தங்கள் (Permanent magnets) காந்த வில்லைகளாக எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகளில் பயன்படுத்தலாம். ஆனுல், நிரந்தரக்காந்தங்களில் மின்னேட்டங்கள் ஏற்படுத்தப்படாததால் குவிய தூரங்களை மாற்றுவதற்கு மற்ரொரு இயக்க முறையைப் பயன்படுத்த வேண்டும். ஏனெனில் நிரந்தரக் காந்தங்களினுல் உண்டாக்கப்படும் காந்தப்புலம் மாறுவதில்லை. இதற்காக, காந்தங்களின் துருவங்களுக்கிடையேயுள்ள தூரத்தை மாற்றியும், அல்லது ஒளி நுண்ணோக்கியில் செய்வது போன்று உருமாதிரியின் நிலையை மாற்ற வேண்டும். மிக அதிகமான உருப்பெருக்கம் பெறுவதற்கு காந்த வில்லையினுடைய குவிய தூரம் மிகவும் சிறியதாக இருக்க வேண்டும். ஆனுல், அப்போது பாய அடர்த்தி (Flux density) மிக அதிகமாக உண்டாக்கப்படும். இதற்காக, காந்தவில்லையினுடைய உருவ அளவைக் குறைத்து, மின்னேட்டத்தை ஒரே அளவாக இருக்கும்படிச் செய்ய வேண்டும். ஆனுல் இம் முயற்சியினுல் சுருள் கம்பியின் விட்டம் குறைக்கப்படுவதால், அதன் காரணமாக, அதிகமான வெப்பநிலை உயர்வு ஏற்படலாம். 1934-ஆம் ஆண்டு ரஸ்கா(Ruska) என்பவர் வெப்பநிலை உயர்வைத் தடுக்க தேனிரும்பு காந்தத்துருவங்களைப் பயன்படுத்தி ஒரு புதுவிதமான காந்த வில்லையை உண்டாக்கினுர். இந்தப் புது விதமான அமைப்பு அதிகத் திறனுடைய, மிகக் குறுகிய குவிய தூரத்தையுடைய வில்லைகளை ஏற்படுத்த உதவின. இதில், வெப்பநிலை உயர்வு குறைக்கப்பட்டது. ஆகையினுல்,இவ்விதமான காந்த வில்லைகள் மிகவும் நேர்த்தியான தன்மையுடையவைவாகும்

2. மின்நிலையியல் குவியும் முறை

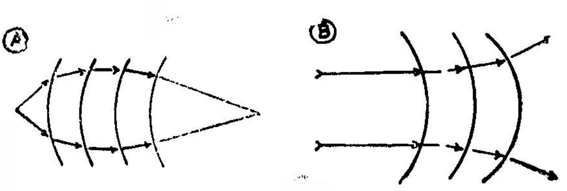
இந்த முறையில், கேதோடு கதிர் ஆசிலோஸ்கோப்பில் (Cathode Ray Oscilloscope) எலக்ட்ரான் கற்றையைக் குவிய வைப்பதைப் போன்று குவியச் செய்யப்படுகிறது. எலக்ட்ரான் துப்பாக்கியிலிருந்து வெளிவரும் எலக்ட்ரான் கற்றையை x-தகடுகள், y-தகடுகள் போன்ற மின்னிலையியல் தகடுகளைப் பயன்படுத்தி திரையில் குவியச் செய்யப்படுகிறது. இதேபோன்ற ஒரு நுணுக்க முறை பயன்படுத்தப்படுகிறது.



படம் 1-6
மின்நிலையியல் முறையில் எலக்ட்ரான் கற்றையைக் குவிய வைக்கும் பட விளக்கம்

படத்தில் காட்டியிருப்பது போன்று, *A*, *B* என்ற இரண்டு உருளைகள் வேறுபட்ட இரு நேர்மின்னழுத்தங்களில் வைக்கப்படுகின்றன. *A*-யின் மின்னழுத்தம், *B*-யின் மின்னழுத்தத்தைவிட குறைவாக இருக்கும்படி வைக்கப்பட்டுள்ளன. இவைகளின் விளைவான மின்புலம் புள்ளிகளிட்ட கோடுகளால் (Dotted lines) காட்டப்பட்டுள்ளன. சம மின்னழுத்தக் கோடுகள் (Equi-potential lines) தொடர்ச்சியாக வரையப்பட்டுள்ள கோடுகளைப் போன்று வளைந்திருப்பது படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளன. இவ்வாறு வளைந்துள்ள சம மின்னழுத்த தளங்கள் ஒரு மின்னிலையியல் வில்லையை (Electrostatic lens) உண்டாக்குகிறது. *A*-யில் உண்டாக்கப்படும் வில்லை குவிக்கும் தன்மையுடைய குவி வில்லையாகவும், *B*-யில் உண்டாக்கப்படும் வில்லை குழி வில்லையாகவும் உள்ளன. ஆகையினால், ஒரு எலக்ட்ரான் கற்றை இரு குழாய் வழியாகவும் செல்லுமானால், எல்லா எலக்ட்ரான்களும் *F* என்ற புள்ளியில் குவியும்படிச் செய்யப்படும். ஆகையினால், *B*-யை, *A*-யை விடப் பெரியதாகச் செய்தால் மின்னியல் கோடுகள் இன்னும் அதிகமாகப் பரவி, அதற்கொப்ப சமமின்னியல் கோடுகளை இன்னும் வளைவுள்ளதாகச் செய்து குவியப்புள்ளியைச் சரியாகச் செய்கிறது. ஆகையினால், இவ்விதமான அமைப்பை ஒரு எலக்ட்ரான் வில்லையாகப் பயன்படுத்தலாம்.

ஒரு விரியவைக்கும் வில்லையின் அமைப்பில் சம மின்னழுத்தக் கோடுகள் எலக்ட்ரான் மூலத்தை நோக்கிக் குழி வில்லையாக இருக்கும். அதாவது படம் B-ல் காட்டப்பட்டிருப்பது போன்று கோடுகளின் ஓரங்கள் எலக்ட்ரான் மூலத்தை நோக்கி உட்புற



படம்

எலக்ட்ரான் கற்றையைக் குவிய வைக்கும் தன்மையைக் காட்டும் சம மின்னழுத்தக் கோடுகள் அடங்கிய மின்வில்லை.

எலக்ட்ரான் கற்றையை விரிய வைக்கும் தன்மையைக் காட்டும் சம மின்னழுத்தக் கோடுகளின் அமைப்பைக் காட்டும் படம்.

மாக வளைந்திருக்கும். ஒரு குவிய வைக்கும் வில்லையின் அமைப்பில் சம மின்னழுத்தக் கோடுகள் படம் A-ல் காட்டப்பட்டிருப்பது போல் கோடுகளின் ஓரங்கள் எலக்ட்ரான்மூலத்தைவிட்டு வெளிப்புறமாக வளைந்திருக்கும். இவ்வித எலக்ட்ரான் வில்லைகளின் குவிய தூரங்களைக் குழாய்களுக்குக் கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தத்தை மாற்றுவதின் மூலமாகவும், எலக்ட்ரான்களின் திசைவேகத்தை மாற்றுவதின் மூலமாகவும், மாற்றியமைக்க முடியும். புருச் (Bruch) என்பவரும், ஜோஹானன்ஷன் (Johannson) என்பவரும் 1932-ஆம் ஆண்டில் முதன்முதலாக, செயல்முறையான மின்னிலையியல் வில்லைகள் முறையை உண்டாக்கி, அவைகளின் உதவியால் ஒரு மின்னிலையியல் எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியை உருவாக்கினார்கள். ஆனால் மிகவும் அழுத்தமான, வேகமான எலக்ட்ரான் கற்றை தேவைப்படும்பொழுது காந்தவியல் குவியும்முறை அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

5. எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் உருப்பெருக்கத்தின் நெடுக்கம்

இரண்டு நிலைகளுள்ள எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் முதலாவது மத்திய பிம்பம் உண்டாக்கப்படும்பொழுது, அதனுடைய உருப்பெருக்கம் மாறாத அளவை உடையதாகும். இவ்வுருப்பெருக்கம் உருமாதிரி பொருளருகு வில்லை, எறிந்து காட்டும் வில்லை இவைகளின் நிலைகளைப் பொறுத்து அமைகிறது. தனி எறிந்து காட்டும் வில்லை 50X முதல் 300X வரை நெடுக்கம் உள்ளமாறும் உருப்பெருக்கத்தை ஏற்படுத்தும் தன்மையுடையது.

இந்த மாதிரியான ஒரு முறையில் ஏற்படும் மொத்த உருப் பெருக்கம் $Mt = Mo. Mp.$

இதில், Mt—மொத்த உருப்பெருக்கம்

Mo – பொருளருகு வில்லையினுலான உருப்பெருக்கம்

Mp—எறிந்துகாட்டும்வில்லையினுலான உருப்பெருக்கம்

இன்னும் அதிக நெடுக்கம் கொண்ட உருப்பெருக்கம் தேவை யான இடங்களில், இருவகையான அமைப்புகளைக்கொண்ட கருவியில் பயன் அதிகமாகப் பெறமுடியும். முதல்வகை அமைப் பில் ஒன்றுக்கொன்று மாற்றிப் பொருத்தக்கூடிய எறிந்து காட்டும் துருவ ஜதைகள் தேர்ந்தெடுத்துப் பயன்படுத்தப்படும். இந்த முறையின்பயனுக, காந்தப்புலத்தின் செறிவு மாற்றப்பட்டு அதன் மூலம் குவிய தூரம் மாற்றப்பட்டு தேவையான உருப்பெருக்கம் அடையப் பெறுகிறது. ஆனுல், இம்முறை சிறிது சிரமமானது, இதன் காரணமாக இரண்டாவது முறையில் நிரந்தரமாகவே ஒரு இரண்டாவது (மாற்றியமையுந் தன்மையான) எறிந்து காட்டும் வில்லை பொருத்தப்படுகிறது. மூன்றுநிலை தொகுப்பில் (Three stage unit) பொருளருகு வில்லை, மத்திய வில்லை, எறிந்து காட்டும் வில்லை ஆகிய காந்த வில்லைகளைப் பயன்படுத்தி உருப் பெருக்கத்தின் நெடுக்கத்தை அதிகமாக்கிப் பயன்படுத்தப்படு கிறது. இவ்விதமான அமைப்பு பல நுண்ணோக்கிகளில் பெரிதும் உபயோகப் படுத்தப்படுகிறது. இந்த மாதிரியான ஒரு அமைப் பில் ஏற்படும் உருப்பெருக்கம், $Mi = Mo.Mt.Mp.$

Mi-யின் மதிப்பை 1000X-லிருந்து 100,000X வரையிலான நெடுக்கத்தில் மாற்றலாம். வில்லையின் முன்னோட்டத்தை மாற்றும்போது அதற்கொப்ப உருப்பெருக்கம் மாறுதல் அடை கின்றது. இவ்வமைப்பிலுள்ள மற்றுமொரு பெரும்பயன் நுண் ணோக்கியின் உருவாக்கம் மிகவும் எளிய அமைப்பில் அடங்கிவிடு கிறது. மற்றும் ஒரு பயன் என்னவெனில் பிம்ப தூரங்கள் குறுகியவைகளாக இருப்பதால், மொத்தத்தில் நுண்ணோக்கியின் செங்குத்து உயரம் மிகவும் குறைகிறது. மூன்ருவதாக, இவ் வமைப்பில் பிம்பச் சிதைவும் குறைக்கப்படுகிறது.

இறுதியாக உண்டாக்கப்படும் உருப்பெருக்கத்தின் அளவைக் கவனிப்போமானுல், எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் உண்டாக்கப் படும் இறுதி உருப்பெருக்கத்திற்கு மேல்மட்டக் கட்டுப்பாடே இல்லை. கட்டுப்பாடின்றி எந்த அளவிற்கும் உருப்பெருக்கம் ஏற்

படுத்த முடியும். ஆனால், பொருளின் இறுதி பிம்பம் கண்ணுக்குத் தெளிவாகத் தென்பட வேண்டுமாகையினால் ஓரளவிற்குமேல் உருப்பெருக்கம் உண்டாக்குதல் பயனற்றதாகிறது. ஆகையினால், உபயோகமான இறுதி உருப்பெருக்கம் என்ற ஒரு கட்டுப் பாட்டிற்குள் நிற்க வேண்டிய நிலை தானாகவே ஏற்படுகிறது.

ஆகையினால், பயனுள்ள இறுதி உருப்பெருக்கம் $M = \frac{de}{d}$ என்பதாகும்.

இதில், M—பயனுள்ள உருப்பெருக்கம்

de—சாதாரண கண்ணுக்கான பகுப்புக் கட்டுப்பாடு (மி.மீ.ல் காட்டப்படுகிறது)

d—கருவியினுடைய பகுப்புக்கட்டுப்பாடு (மி.மீ.-ல் காட்டப்படுகிறது)

ஆனால், குறைந்த ஒளியூட்டம் இருக்கிறபொழுது 12 அங்குல பார்வை தூரத்தில் de 0·2 மி.மீ.

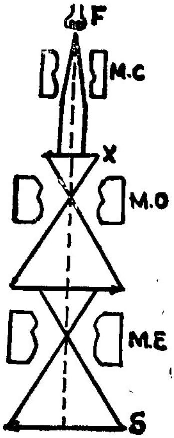
ஆகையினால்

$$\text{உருப்பெருக்கம் } M = \frac{0 \cdot 2}{d}$$

6. ஒளியியல் நுண்ணோக்கியும், எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியும்

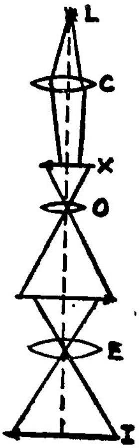
(அ) ஒளி நுண்ணோக்கி (Light Microscope) : சாதாரண ஒளி நுண்ணோக்கியில் L என்ற மூலத்திலிருந்து ஒளிக்கற்றை அல்லது மின்னொளி முதலாவதாக இணையாக்கும் வில்லை C மீது விழுகிறது. இணையாக்கப்பட்ட ஒளிக்கதிர்கள் பின்னர் பொருள் X-ன் மீது விழுந்து அதை ஒளியூட்டுகிறது. பொருளின்மீது பட்டுச் சிதறும் ஒளிக்கதிர்கள் தொடர்ந்து பொருளருகு வில்லையான O-வைச் சென்றடைகிறது. இந்தப் பொருளருகு வில்லைதான் முதலாவதாக உருப்பெருக்கம் செய்யும் அமைப்பாக உள்ளது. பின்னர் கண்ணருகு வில்லை E-பொருளருகு வில்லையினால் செய்யப் பட்ட உருப்பெருக்கத்தை மேலும் பெரிதாக உருப்பெருக்கி முடிவில் கண்ணில் விழும்படியாகச் செய்கிறது. இவ்வாறு இறுதி உருப்பெருக்கம் செய்யப்பட்ட பிம்பம் I-ஐ நேரடியாகப் பார்க்கலாம் அல்லது நிரந்தரமாகப் படமாக்கிக் கொள்ளலாம். பிம்பம் தெளிவாகத் தெரியும்படியும், உருப்பெருக்கம் நன்றாகவும்

இருக்க வில்லைகளின் நிலைகளை நகர்த்தி அமைக்க வேண்டும். இந்த நுண்ணோக்கியில் பயன்படுத்தப்படும் ஊடகங்கள் காற்றும்,



படம் 1-8 A

ஓர் எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் அமைந்துள்ள வில்லைகளையும் அதில் பிம்பம் உண்டாக்கப்படும் விதத்தையும் விளக்கும் படம்.



படம் 1-8 B

ஓர் ஒளி நுண்ணோக்கியில் வில்லைகள் அமைந்துள்ளதையும், பிம்பம் உண்டாக்கப்படும் விதத்தையும் விளக்கும் படம்.

கண்ணாடியும் ஆகும். தெளிவாகக் காணக்கூடிய சிறிய பொருளின் அளவு ·00002 செ.மீ.

(ஆ) எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி (Electron microscope) : ஒரு எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் *F* என்ற நுண்ணிழையிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் வெளிவிடப்பட்டு, அவைகள் ஒன்றாகச் சேர்ந்த எலக்ட்ரான் கற்றையாகச் செய்யப்பட்டு, 50 Kv, 60 Kv போன்ற மின்னழுத்தங்களால் முடுக்கப்பட்டு, அதன் பின்னர் *M·c* என்ற முதலாவது காந்த வில்லையின் வழியாகச் செலுத்தப் பட்டு, எலக்ட்ரான்கள் ஒன்றாகச் சேர்ந்து அடர்ந்த கற்றை யாக்கப்படுகிறது. சாதாரண வில்லையை இதற்காகப் பயன்படுத்த முடியாது. ஏனெனில், அது எலக்ட்ரான்களைத் தடுத்து நிறுத்தி விடும். ஆனால், ஒரு பொருத்தமான காந்தச் சுருள் எலக்ட்ரான் களைக் குவித்து பலமுள்ள கற்றையாக ஆக்குகிறது. இவ்வாறு குவிக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான் கற்றையை *X*-என்ற பொருளின்மீது (உருமாதிரி) விழும்படியாகச் செய்யப்படுகிறது. இவ்விதப் பொருவின் தடிமன் சுமார் 10 மில்லி மைக்ரான் அளவு இருக்கும்.

இவ்வாறு பொருளின் மீது எலக்ட்ரான் கற்றை விழும் பொழுது சில எலக்ட்ரான்கள் தடுத்து நிறுத்தப்படலாம். மற்ற எலக்ட்ரான்கள் பொருளில் பட்டவுடன் சிதறும்படியாகச் செய்யப்படுகின்றன. சிதறிச் செல்லும் எலக்ட்ரான் கற்றை M-o என்ற காந்தப் பொருளருகு வில்லையின்மீது விழும்படியாகச் செய்யப்படுகிறது. இந்தக் காந்தவில்லை முதலாவதாக, பொருளின் பிம்பத்தை உருப்பெருக்கம் செய்து உதவுகிறது. இதன் பின்னர் முதலாவது உருப்பெருக்கம் அடைந்ததை இரண்டாவது தடவையாகக் காந்தக் கண்ணருகு வில்லையையோ அல்லது எறிந்து காட்டும் வில்லையையோ பயன்படுத்தி மறுபடியும் உருப்பெருக்கம் செய்யப்படுகிறது. இறுதியாக உருப் பெருக்கம் அடைந்த பிம்பம் ஒளிரும் திரையின் மீதோ அல்லது படமாக்கும் தகட்டின் மீதோ விழும்படியாகச் செய்யப்படுகிறது. எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் தெளிவான பிம்பம் ஏற்படுத்தவும், உருப்பெருக்கம் அடையவும், காந்தப்புலத்தின் அளவு மாற்றப்பட்டு சரி செய்யப்படுகிறது. தெளிவான உருப்பெருக்கம் செய்யப்பட்ட பிம்பம் கிடைக்கும் அளவிற்குக் காந்தப்புலத்தை மாற்றலாம். இதனால், பொருளின் தெளிவான உருப்பெருக்கம் செய்யப்பட்ட பிம்பம் ஒளிரும் திரையின் மீது படும்படியாகச் செய்யப்படுகிறது. இதைப் பின்னர் படமாக்கி நிரந்தரமான பிம்பமாக்கிக் கொள்ளலாம். ஒளிக்கற்றைக்குப் பதிலாக எலக்ட்ரான் கற்றையைப் பயன்படுத்தும்போது உயர்ந்த, நேர்த்தியான வெற்றிட வசதி தேவைப்படுகிறது. ஆகையினால், எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி, ஒளி நுண்ணோக்கியைவிட அதிக விலையுயர்ந்ததாக உள்ளது. ஆனாலும், விலையுயர்வுக்குத் தக்கவாறு இது அதிக ஆழமான குவியும் தன்மையும், முப்பரிமாணப் பெருக்கமும்தந்து உதவுகிறது என்பதை மறுக்க முடியாது. முதன் முதலாவதாக இரு நிலை காந்தச் செலுத்துகை எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியை ரஸ்கா (Ruska) என்பவர் 1934-ஆம் ஆண்டு உருவாக்கி உதவினார் என்பது குறிப்பிடத்தக்கதாகும்.

7. ஒளி நுண்ணோக்கிக்கும், எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிக்கும் உள்ள வேற்றுமைகள்

1. காந்த எலக்ட்ரான் வில்லைகளின் குவிய தூரங்கள், ஒளியியல் வில்லைகளின் குவிய தூரங்களைப் போன்று ஒரே அளவை உடையவை அல்ல. ஒளியியல் வில்லைகளின் குவிய தூரங்களைக் கூட்டவோ, குறைக்கவோ முடியாது. ஆனால் காந்த வில்லைகளின் குவிய தூரங்கள் காந்தப் புலத்தின் தன்மையை ஒத்து அல்லது சார்ந்து

இருப்பதால் காந்த வில்லைகளின் குவிய தூரங்களைக் காந்தப் புலங்களை மாற்றி நினைத்தபடி மாற்றிக் கொள்ளலாம்.

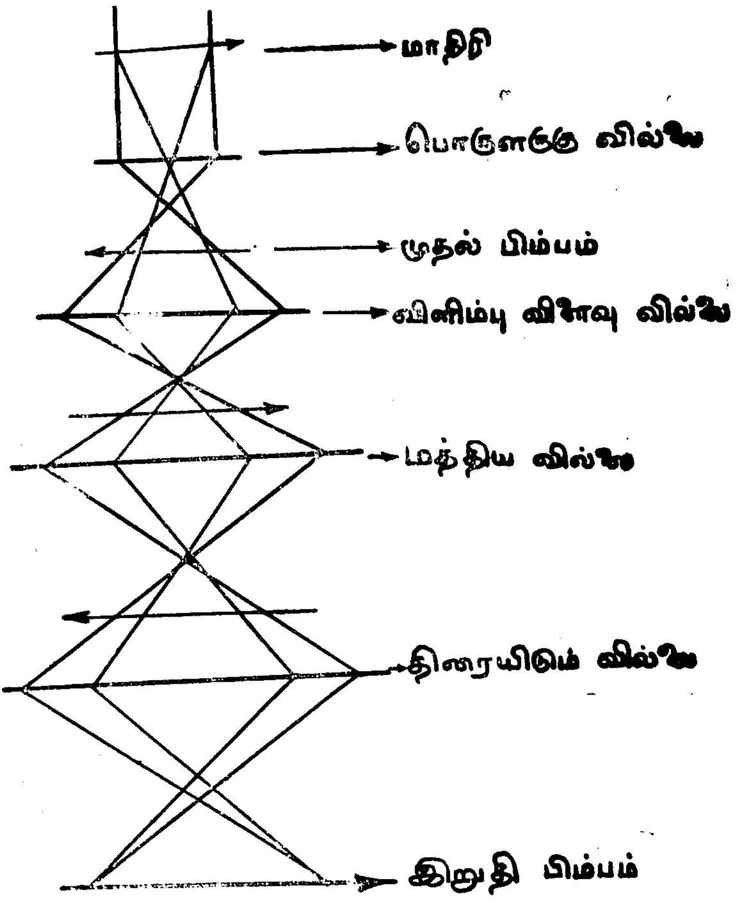
2. ஒளியியல் நுண்ணோக்கிகளில் உருப் பெருக்கங்களை மாற்ற வேண்டுமானால் அதற்குத் தக்கவாறு ஒளிவில்லைகளை மாற்ற வேண்டும். ஒரு குறிப்பிட்ட வில்லையினுடைய உருப் பெருக்கம் மாறாத்தன்மையுடையது. ஆனால், எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகளில் உருப்பெருக்கத்தை மாற்றுவதற்குக் காந்தவில்லையினுடைய குவிய தூரத்தை மாற்றிக் கொள்ளலாம். எறிந்து காட்டும் வில்லையின் குவிய தூரத்தை மாற்றி உருப்பெருக்கத்தை மாற்றி விடலாம்.

3. இருவகை நுண்ணோக்கிகளிலும் பிம்பங்கள் உண்டாக்கப் படும் இயக்க முறை வேறுபடுகிறது. அதே போன்று பிம்பம் உண்டாக்கப்படும் தன்மையும் வேறுபடுகிறது. ஒளி நுண்ணோக்கியில் உருமாதிரியின் வெவ்வேறு பாகங் கள் வெவ்வேறு விதமாக ஒளியை உட்கவருவதால் அதற் கேற்ப, பிம்பம் உண்டாக்கப்படுகிறது. எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் உரு மாதிரியின் பாகங்கள் எலக்ட்ரான் களைச் சிதறச் செய்யும் தன்மையின் அடிப்படையில் பிம்பத்தின் ஒளிச்செறிவு மாற்றம் வேறுபடுகிறது.

4. ஒளி நுண்ணோக்கி குறைந்த குவிய நெடுக்கம் (Depth of focus) உடையது. ஆனால், எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி அதிகமான குவிய நெடுக்கம் உடையது.

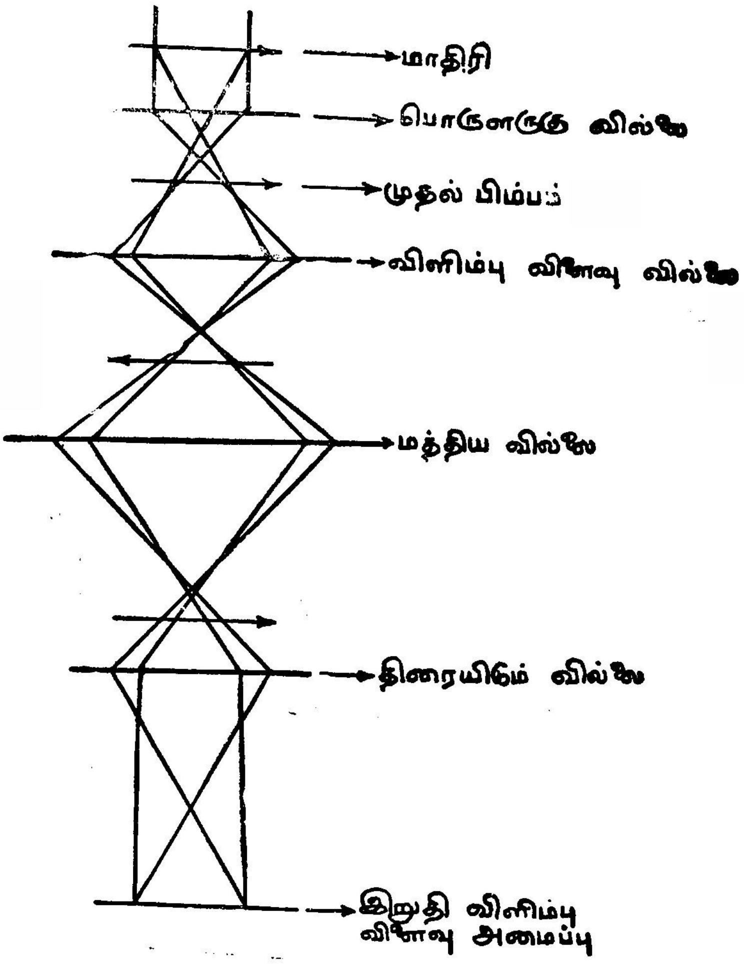
5. ஒளி நுண்ணோக்கியை விட எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி விலையுயர்ந்தது. மேலும் இயக்கச் செலவும் அதிக மாகும்.

கீழ்க்காணும் படங்கள் ஒரு செலுத்துகை எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் அடிப்படையான தத்துவத்தையும், அதன் இரு விதமான வேறுபட்ட இயக்க அமைப்பு முறைகளையும் (Modes of operation) அவைகளினால் ஏற்படும் உருமாதிரியின் பிம்பம், விளிம்பு விளைவு அமைப்பு (Diffraction pattern) முதலிய நிலைகளை விளக்குகின்றன.



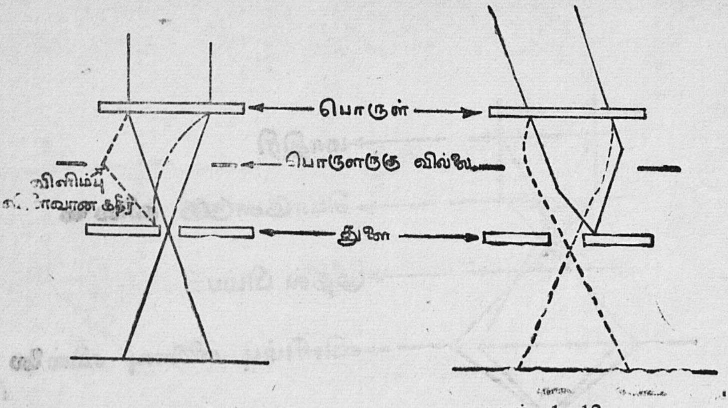
படம் 1-9

எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் உருமாதிரியின் பிம்பம் ஏற்படுவதை விளக்கும் படம்



படம் 1 - 10

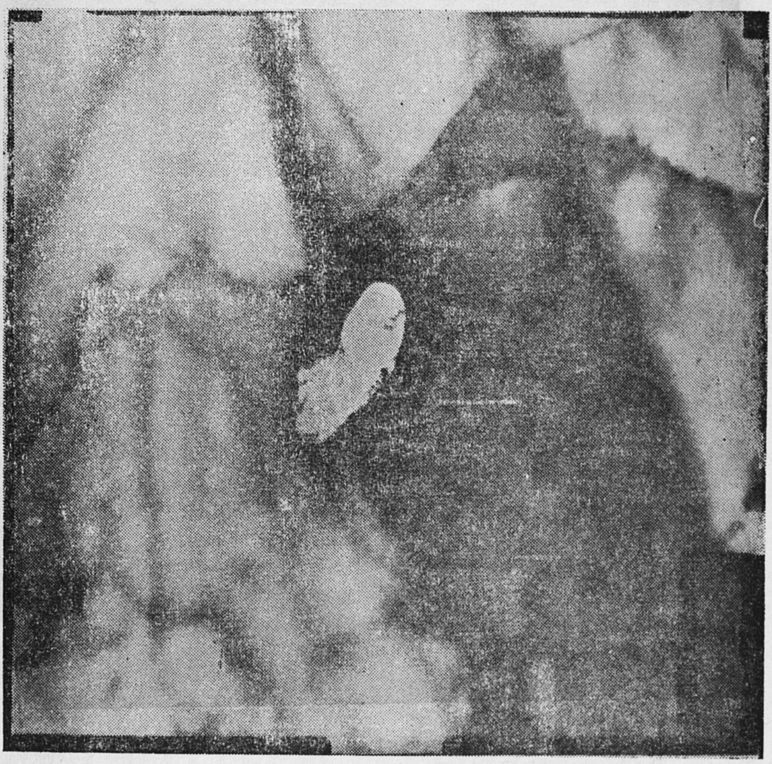
எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் விளிம்பு விளைவு அமைப்பு ஏற்படுவதைக் காட்டும் விளக்கப் படம்,



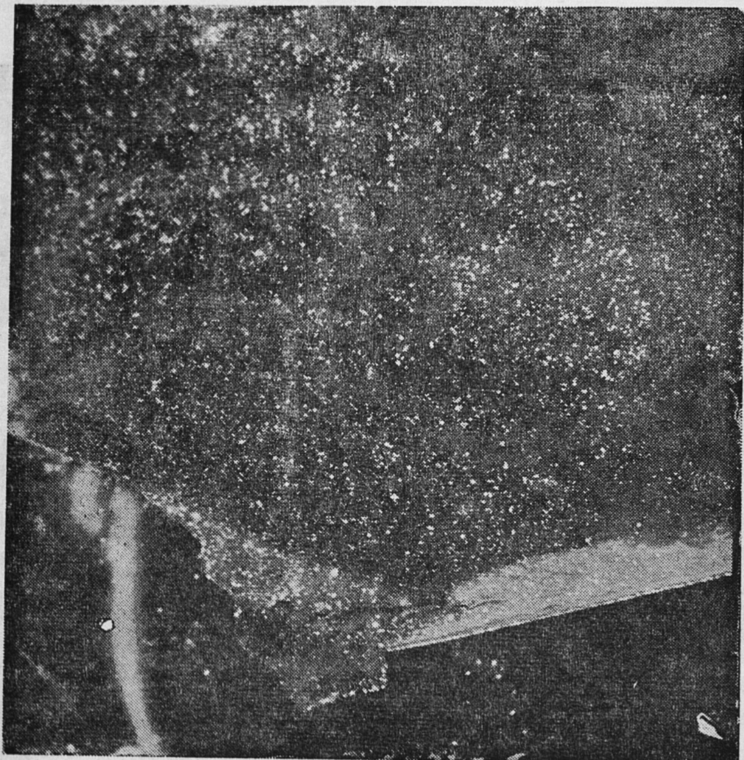
படம் 1 - 11
ஓர் ஒளிப்புலத்தின் பிம்பம்

படம் 1 - 12
ஓர் இருள் புலத்தின் பிம்பம்

படம் 1- 13
ஒளிப்புலத்தைக் காட்டும் ஒளிப்பட விளக்கம்



படம் 1 - 14
இருள் புலத்தின் தன்மையை விளக்கும் ஒளிப்படம்



படம் 1 - 15
இருள் புலத்தில் தென்படும எண்ணற்ற பல சிறிய துகள்கள்

8. செலுத்துகை எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் விளக்கம்

ஒரு எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் அடிப்படையான பாகங்களில், (1) எலக்ட்ரான் மூலம் (Electron Source), (2) பல காந்த வில்லைகள் (Magnetic lenses) (3) திரை (Screen) முதலியன முதன்மையானவைகளாகும். ஒரு செலுத்துகை எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில், அதனுடைய எலக்ட்ரான் மூலமும் பல காந்த வில்லைகளின் தொகுப்பின் பல வேறுபட்ட நிலைகள் செங்குத்தாக அமைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு உள்ளீடற்ற உருளையில் (Hollow cylinder) வைக்கப்பட்டுள்ளன. சுமார் 10^{-6} டார் (Torr) வெற்றிடமாகவுள்ள இவ் வுள்ளீடற்ற உருளையின் மேல் தளத்திலிருந்து எலக்ட்ரான் கதிர்க்கற்றை கீழ்நோக்கிச் செல்லும் படியாக எல்க்ட்ரான் மூலம் அமைத்து வைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த எலக்ட்ரான் கற்றையின் (Electron Beam) குறுக்களவு சுமார் 1 *Mm* (மைக்ரோ மீட்டர்) அளவிலிருந்து 50 *Mm* அளவு உருமாதிரியின் (Specimen) மேல் தளத்தில் இருக்கும்படியாக இரட்டை மின்தேக்கி வில்லைகளின் (Double condenser lens) அமைப்பின் உதவியினுல் ஏற்படுத்தப்படுகிறது. உருமாதிரியை (Specimen) அதற்கென உள்ள ஒரு தனித்தாங்கியில் (Specimen holder) வைத்து, அது பொருளருகு வில்லையின் (Objective lens) குறுக்களவில் நன்ருகப் பொருந்தும்படியாக வைக்கப்பட்டு, உருமாதிரியை எளிதில் இரு செங்குத்து அச்சுகளில் 30° திருப்புவதற்கு வசதியாக வைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த அமைப்பின் உதவியினுல் பொருத்தமான தேவையான படிக அச்சில் கவனம் செலுத்தி ஆராய்வதற்கு வாய்ப்பாகவும் வசதியாகவும் உள்ளது. தேவையான படிக அச்சில் திருப்பலாம் மிகவும் மென்மையான உருமாதிரியின் வழியாக ஊடுருவிச் செல்லும் எலக்ட்ரான்கள் பொருளரு வில்லையின் (Objective lens) பின் குவிய தளத்தில் (Back focal plane) விழும்படியாகச் செய்யப்படுகின்றன. இவ் வில்லை மின்காந்த வில்லைகளைப் (Electromagnetic lenses) போன்று குவியும் வில்லைகளாகச் செயல்பட்டு, பின் குவிய தளத்தில் விளிம்பு விளைவு அமைப்பை (Diffraction pattern) உண்டாக்குகிறது. இதனுடைய தலைகீழான பிம்பம் முதலாம் பிம்பத் தளத்தில் (First image plane) ஏற்படுத்தப்பட்டு பின்னர், இதைத் தொடர்ந்துள்ள விளிம்பு விளைவு வில்லை (Diffraction lens), மத்திய வில்லை (Intermediate lens) திரையிடும் அல்லது பிற தளத்தில் எறிந்து காட்டும் வில்லை (Projecting lens) என்ற மூன்று அடுத்தடுத்த வில்லைகள் பயன்படுத்தப்பட்டு, பிம்பத்தின் அளவையோ அல்லது விளிம்பு விளைவு அமைப்பையோ பெருக்குவதற்கு உபயோகப்படுத்தப்படுகின்றன.

நாம் செயல்படுத்தும் இயக்க முறையமைப்பைப் பொறுத்து உருமாதிரியின் பிம்பத்தையோ அல்லது விளிம்பு விளைவு அமைப்பையோ திரையில் ஏற்படுத்தலாம். அதாவது விளிம்பு விளைவு வில்லையின் வாயிலாக, பொருளருகு வில்லையின் பின்குவிய தளத்தில் (Back focal plane of objective) குவியும் படியாகச் செய்தால், விளிம்பு விளைவு அமைப்பு பெருக்கப்பட்டு விளிம்பு விளைவு அமைப்பின் பிம்பம் விரிவாக்கிக் காட்டப்படுகிறது. இதனால் விளிம்பு விளைவு அமைப்பின் பிம்பம் திரையில் ஏற்படுத்தப்படுகிறது. ஆனால், இதற்கு மாறாக, முதலாம் பிம்பத்தளத்தை (First image plane) விளிம்பு விளைவு வில்லையினால் (Diffraction lens) பிம்பமாக மாற்றினால், இவ் வியக்கத்தினால் பல மடங்கு பெருக்கப்பட்ட உருமாதிரியின் பிம்பம் (Image of Specimen) விரிவாக்கிக் காட்டப்படுகிறது. இதன் காரணமாக இப்பொழுது திரையில் மாதிரியின் பிம்பம் ஏற்படுத்தப்படுகிறது. நல்ல தற்கால நவீன எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் கடைசி கட்ட நிலையில் சுமார் 10^2 முதல் 10^6 மடங்கு உருப் பெருக்கம் (Magnification) அடையக்கூடிய பிம்பத்தை எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் திரையில் உண்டாக்கலாம். இதில் பயன்படுத்தப்படும் திரை ஒளி படுமிடத்தில் ஒளிரும் தன்மையுடையது (fluorescent screen). ஆகையினால், உருமாதிரியின் பிம்பத்தையோ அல்லது விளிம்பு விளைவு அமைப்பையோ திரையில் தெளிவாக ஏற்படுத்தலாம்.

9. நுண்ணோக்கியில் ஏற்படும் பிழைகள்

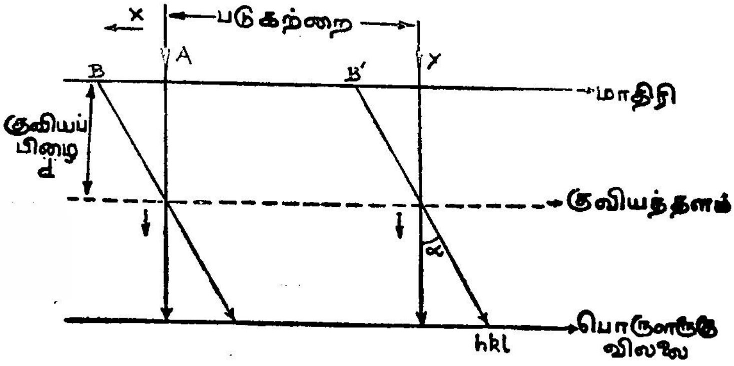
(அ) குவிய வைப்பதில் ஏற்படும் பிழைகள் (Focusing errors) : பொருளருகு வில்லையை, படத்தில் காட்டியிருப்பது போன்று *d* தூரம் அதிகமாகக் குவியவைப்பதாக (Over focusing) வைத்துக் கொண்டால் அல்லது சரியாகக் குவிய வைக்காததாகக் கொண்டால் தூரத்து அச்சுக் கதிர்கள் (Off-axis rays) உரு மாதிரியிலிருந்து வந்து துளை (Aperture) வழியாகச் செல்கின்றன. இவ்வாறு உரு மாதிரியிலிருந்து வரும் இக் கதிர்கள் துளையின் பரப்பால் வரையறுக்கப்பட்ட பரப்பிற்கு வெளிப்பகுதியிலிருந்தாலும் கூட அவைகளும் துளையின் வழியாகக் கடந்து செல்கின்றன. படத்தில் கவனித்தால், நேர் கற்றைக்கு α-கோண அளவில் செல்லும் கற்றை மாதிரியின் BB' என்ற பாகத்தில் தொடங்கி வருவது தெரிகிறது. ஆனால், AY என்ற பரப்பு துளையின் வரையறுப்பிலுள்ளது.

$$\text{தூரம் } X = BA$$

என்பது பிழையின் அளவைக் குறிக்கும்.

$X = \pm d\alpha$ எனக் குறியிடப்படுகிறது.

இதில் d என்பது குவிய வைப்பதில் ஏற்படும் பிழையாகும். இதற்கு நேர்குறியீடு (Positive sign) அதிகமாகக் குவிய வைப்பதற்கு ஒப்புமையாகவும், எதிர் குறியீடு (Negative sign)



படம் 1 - 16

பொருளருகு வில்லையைச் சரியாகக் குவிய வைக்காததால் தேர்வுத் துளையினால் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட A Y - என்ற பரப்பில ஏற்படும் பிழைகளின் தொடக்கம.

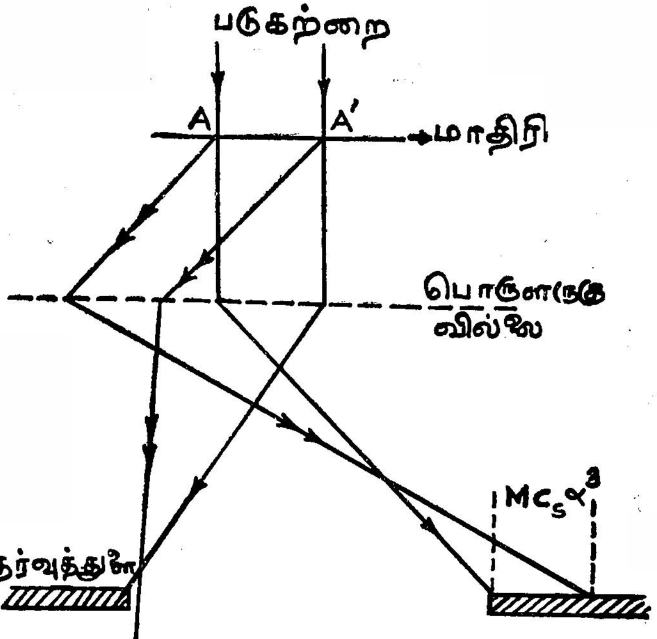
குறைவாகக் குவிய வைப்பதற்கு ஒப்புமையாகவும் எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. குறைவாகத் திசை மாறிய கற்றைகளைவிட, அதிக தூர அச்சுக்கப்பாலிருந்து வந்து விளிம்பு விளைவிற்குட்படுகின்ற கற்றைகள் அதிகமான பிழைக்குட்படுகின்றன. இதைச் செய்முறையில் (Demonstration) தெளிவாக விளக்க, நுண்ணோக்கியைத் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட பரப்பில் விளிம்பு விளைவு அமைப்பில் (Selected area deffraction) இயக்கி அதாவது S.A.D. என்ற நிலையில் நுண்ணோக்கியை இயக்கிவைத்து, தூரத்து அச்சுக் கற்றைகளை ஒன்றன்பின் ஒன்றாக உபயோகித்து அதனால் ஏற்படும் பிழைகளை விளக்கலாம். α-ன் மதிப்பு அதிகமாகிறபோது, அதாவது தூர அச்சுக் கற்றைகளுக்கப்பால் கற்றைகளைத் தேர்ந்தெடுக்கும்போது, நேர் கற்றையினால் உண்டாக்கப்படும் பிம்பத்தின் பரப்பைவிட, தூர அச்சுக்கற்றையாய் விளிம்பு விளைவுத் துளையினுள் ஏற்படுத்தப்படும் உரு மாதிரியின் பிம்பம் அதிகமான திசை மாற்றத்தையுடையதாக இருக்கும்.

(ஆ) உருட்சிப் பிறழ்ச்சியோடு தொடர்புள்ள பிழைகள் (Errors associated with spherical aberration) : காந்த வில்லைகளில் (Magnetic lenses) ஏற்படும் உருட்சிப்பிறழ்ச்சி எப்பொழுதும் தூர அச்சுக் கதிர்களை ஒர அச்சுக் கதிர்களைவிட வில்லைக்

கருகிலேயே குவியச் செய்கிறது. ஆகையினால், குவியப் பிழையில்லாதபோதுங்கூட, நேரடியாகச் செல்லும் கற்றையோடு ஒரு விளிம்பு விளைவுக்கற்றை α-கோணத்தை உண்டாக்கும்பொழுது அது முதலாம் பிம்பத்தளத்தில்,

$$Y = MCs\alpha^3$$

என்ற தூரத்தில் விரிவாக்கிக் காட்டப்படும். இதில் M என்பது பொருளருகு வில்லையின் உருப்பெருக்கம் ஆகும். Cs என்பது உருட்சிப்பிறழ்ச்சி மாறிலியாகும். ஆகையினால், உரு மாதிரியின் தளத்தில் (Specimen plane) உண்டாக்கப்படும் பிழை கோணம் α-வின் அளவைச் சார்ந்தும், சுருக்கமாக $Cs\alpha^3$ என்பதற்குச் சமமாகவும் இருக்கிறது. ஆகையினால், பல வேறுபட்ட விளிம்பு விளைவுக் கற்றைகள் உரு மாதிரியின் பல்வேறு பரப்பிலிருந்து தொடர்ந்து வருகின்றன.



படம் 1 - 17

பொருளருகு வில்லையோடு தொடர்புடைய உருட்சிப் பிறழ்ச்சிப்பிழையை விளக்கும் படம். இதில் காட்டப்பட்டுள்ள விளிம்பு விளைவுக் கற்றை நேர் கற்றையோடு α கோண அளவை உண்டாக்குபவை,

எடுத்துக்காட்டான தற்கால நுண்ணோக்கிகளுக்கு,

$$Cs = 3 \text{ மி.மீ. } (m.m.)$$

$$\alpha = .02 \text{ ரேடியன்ஸ் (Radians)}$$

இவைகள் குறைந்த எண் விளிம்பு விளைவுக் கற்றைகளுக்குத் தொடர்பானவைகள்.

பிழை சுமார் = 0.025 M.m. (மைக்ரோமீட்டர்)

எவ்வாறுயினும், பிழை α^3-வின் நேர்விகிதத்தில் மாறுவதால் 2-3 M.m அளவுப் பிழைகள் எளிதில் ஏற்படக்கூடும்.

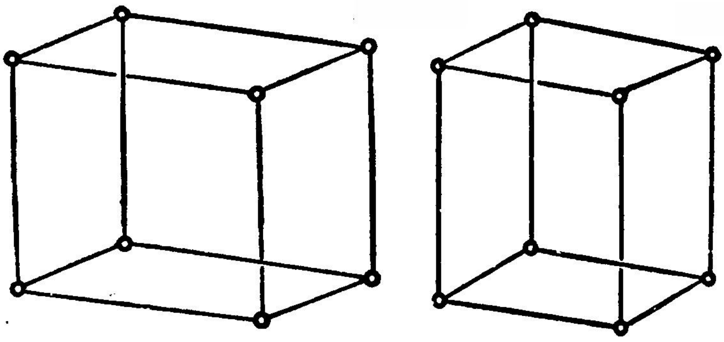
2. படிகங்களின் தன்மைகளும் வகைகளும்

படிகம் எனப்படுவது அணுக்களை ஒரு குறிப்பிட்ட இடைவெளியில் மூன்றுபக்க (Three dimensions) வடிவத்தில் அமைத்து அடுக்காக வைக்கப்பட்டு கட்டமைக்கப்பட்டதிடப்பொருளாகும். இத் தன்மையாகப் பார்ப்போமானல் படிகங்கள் (Crystals) என்பன வாயு, திரவங்கள் இவைகளினின்றும் அடிப்படையிலேயே வேறுபடுகின்றன என்பது மிகவும் தெளிவாகத் தெரியும். எவ்வாறெனில், வாயுக்களிலும் (Gases), திரவங்களிலும் (Liquids) அணுக்களின் அமைப்பு ஒரு குறிப்பிட்ட இடைவெளிகளில் (Regular intervals) தொடர்ந்து இருக்க வேண்டுமென்ற கட்டுப்பாடுகளில்லை. ஆனல், எல்லாத் திடப்பொருள்களும் படிகத் தன்மையுடைய திடப்பொருள்கள் அல்ல. எவ்வாருயினும் சில திடப்பொருள்கள் தூள்களாக (Amorphous அல்லது பொடிகளாகவும் இருக்கின்றன. கண்ணடி (Glass) போன்றவற்றில் அணுக்களுக்கிடையே எந்தவிதமான ஒழுங்கான அமைப்பும் இல்லை.

ஒரு லேட்டீஸ் (Lattice) எனப்படுவது வெளியில் (Space) வரிசையாக உள்ள புள்ளிகளின் கூட்டுத் தொகுப்பாகும். இதில் ஒரு புள்ளியை எடுத்துக்கொண்டால், அதைச் சுற்றி ஒத்த தன்மையான அல்லது ஒரே தன்மையான சுற்றுப்புறம் (Identical surroundings) அமையும்படியாக உள்ளது. ஒரே தன்மையான சுற்றுப்புறம் என்பது லேட்டீஸ் புள்ளிகளை (Lattice points) ஒரு குறிப்பிட்ட திசையில் ஒரு புள்ளிக்கு நேராகப் பார்த்தால் அல்லது நோக்கினல் அவ்வரிசையிலுள்ள லேட்டீஸ் புள்ளிகள் ஒரே தோற்றத்தைக் கொடுக்கும். இதேபோன்று எந்த மற்ருெரு லேட்டீஸ் புள்ளியிலிருந்து பார்த்தாலும் ஒரே தன்மையான தோற்றம் கொடுக்கும் தன்மையுடையதாகும்.

எல்லா லேட்டீஸ்களின் அறையமைப்புகளும் (Cells) ஒரே தன்மையாகவும், அளவையும் உடையதாக அமைக்கப்பட்டுள்ளதால், எந்த ஒரு தனியறையையும் அல்லது ஓரறையையும் (Unit cell) எடுத்துக்கொண்டு அதன் கட்டமைப்பு (Structure), கன அளவு (Volume) இவைகளைக் கணக்கிட்டறியலாம்ஒரு. ஓர் அலகு அறையின் (Unit cell) கட்டமைப்பும் (Structure) அதன் அளவும்

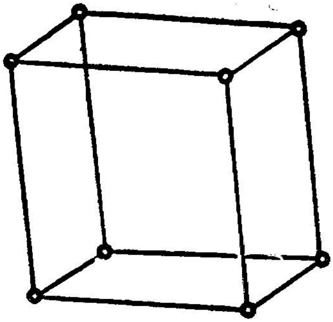
$\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$ என்ற மூன்று வெக்டார்களால் (Vectors) வரையறுக்கப்படு கின்றன. இம்மூன்று வெக்டார்களையும் ஒரு ஓரலகு அறையின் (Unit cell) மூலையைத் தொடக்கப் புள்ளியாகக் கொண்டு வரை யறுக்கப்படுகின்றன. இம்மூன்று வெக்டார்களின் அளவுகளே செல்லின் (Cell) அல்லது படிக அறையின் தன்மையை வரையறுக் கின்றன. இவைகளுக்குச் செல்லின் படிக அச்சுக்கள் (Crystal axes) என்று பெயரிடப்பட்டு அழைக்கப்படுகின்றன. இவைகளை, மேலும், இவைகளின் நீளங்களாகிய a, b, c என்ற மதிப்பு களாலும், அவைகளுக்கு இடையேயுள்ள கோணங்களாகிய α, β, r-வின் மதிப்புகளாலும் விளக்கிக் கூறப்படுகின்றன. இந்த a, b, c என்ற நீளங்களுக்கும், α, β, r என்ற கோணங்களுக்கும் சேர்ந்து ஒரு செல்லின் (Cell) லேட்டீஸ் மாறிலிகள் (Lattice constants) அல்லது லேட்டீஸ் பாராமீட்டர்ஸ் (Lattice parameters எனப்படுகிறது. ஒரு படிகத்தின் ஓரலகு செல்லின் (Unit cell) தன்மைகளையும், அது எத்தகைய கட்டமைப்பும் (Structure), வடிவளவும் (Size) உடையது என்பதைக் காணவேண்டுமானால் அதனுடைய a, b, c ஆகிய நீளங்களையும், α β r இவைகளின் மதிப்புகளையும் கணக்கிட்டறிய வேண்டும். $o, b, c, \alpha, \beta, r$ இவை களின் பல்வேறு அளவுகளுக்குத் தக்கவாறும், அணுக்களின் நிலை களைப் பொறுத்தும் படிகங்களின் வடிவங்கள் பலவகையாக அமைகின்றன. எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியியலைப் பயன்படுத்திப் படிக ஆராய்ச்சிப் பகுப்பைக் கண்டறிய படிகங்களின் பல்வேறு வகைகளைப்பற்றி அறியவேண்டியது மிகவும் அவசியமாகும்.



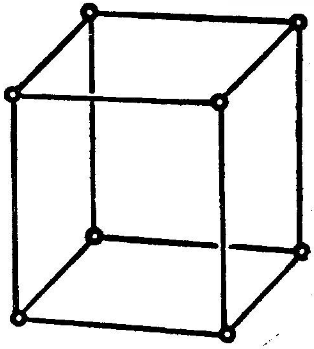
படம் 2 1-1

படிக ஒழுங்கு முறைகளின் படங்களின் விளக்கங்கள்.

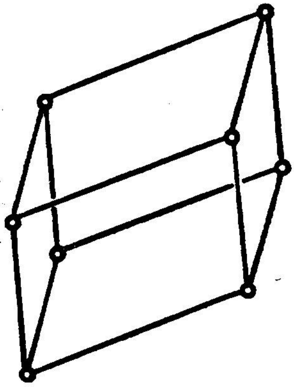
(a) கனசதுரம் (b) நீள் கனசதுரம்



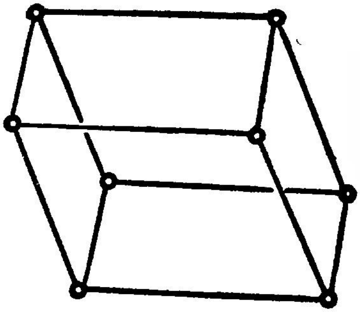
(c) ஆர்த்தோரம்பிக்



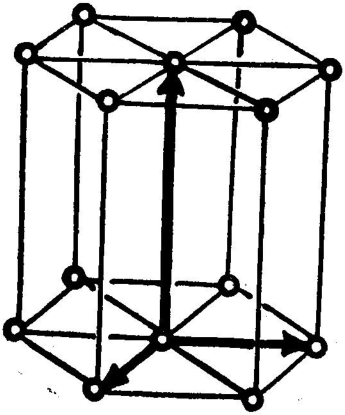
(d) மோனோக்கிளினிக்



(e) ட்ரைக்கிளினிக்



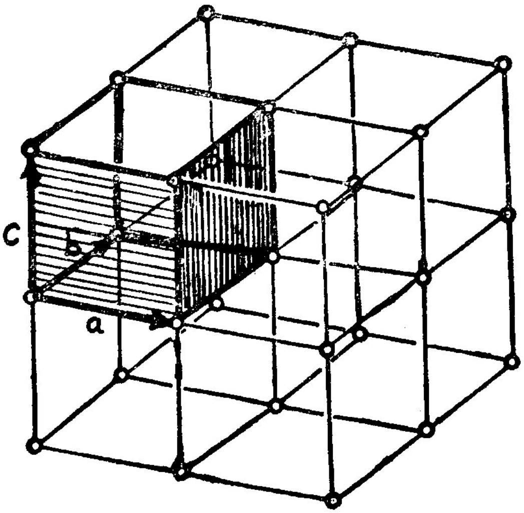
(f) ட்ரைகோனல்



(g) அறுங்கோணம்

1. படிக ஒழுங்கு முறைகள் (Crystal Systems)

வரிசை எண்	ஒழுங்குமுறை (System)	அச்சுகளின் நீளங்களும், அவைகளுக்கிடையேயுள்ள கோணங்களும் Axial lengths and angles	பிரவாஸ் லேட்டீஸ் Bravais Lattice	லேட்டீஸ் குறியீடு Lattice Symbol
1	கன சதுர வடிவம் (cubic)	மூன்று அச்சுகளும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக இருக்கும் $a = b = c$; $\alpha = \beta = r = 90°$	எளியது பொருள் மையமானது பக்க மையமானது	P I F
2	கன நீள் சதுரம் (Tetragonal)	மூன்று அச்சுகளும் செங்குத்தாகும். இரு அச்சுகள் சமம் $a = b \neq c$; $\alpha = \beta = r = 90°$	எளியது பொருள் மையமானது	P I
3	ஆர்த்தோ ராம்பிக் (Orthorhombic)	மூன்று சமமற்ற அச்சுகள், அவைகள் செங்குத்து. $a \neq b \neq c$; $\alpha\ \beta\ r = 90°$	எளியது பொருள் மையமானது அடிப்பக்க மையமானது பக்க மையமானது	P I C F
4	ராம்போ ஹெட்ரால் (Rhombohedral or Trigonal)	மூன்று சமமான அச்சுகள், சமமளவு சாய்வானது $a = b = c$; $\alpha = \beta = r \neq 90°$	எளியது	R
5	அறுங்கோண வடிவம் (Hexagonal)	ஒரே தளத்தில் 120°-ல் இருசமஅச்சுகள, மூன்றுவது அச்சு செங்குத்தாகும் $a = b \neq c$; $\alpha = \beta = 90°$ $r = 120°$	எளியது	P
6	மோனோக் கிளினிக் (Monoclinic)	மூன்று சமமற்ற அச்சுகள் ; ஒரு ஜதை அச்சுகள் செங்குத்தல்ல $a \neq b \neq c$; $\alpha = r = 90 \neq \beta$	எளியது அடிப்பக்க மையமானது	P C
7	ட்ரைகிளினிக் (Triclinic)	மூன்று சமமற்ற அச்சுகளும், சமமற்றளவில் சாய்வானவை $a \neq b \neq c$; $\alpha \neq \beta \neq r \neq 90°$	எளியது	P



படம் 2 1-2

கனசதுரப் படிகத்தின் ஒளிப்படம். இது சிலிக்கன் (si) படிகத்திலிருந்து எடுக்கப்பட்ட படம்

2. படிகக் கட்டமைப்பு (Crystal structure)

வெளியை (Space) மூன்று வகையான தளத் தொகுப்புகளாகப் பிரித்து, பல வடிவமான ஓரலகு அறைகளாக அல்லது யூனிட் செல்களாக (Unit cells) அமைக்கலாம். இந்த வடிவம் நாம் எத்தன்மையான அமைப்புகளைக் கொண்ட தளங்களாக அமைக்கிறோமோ அதைச் சார்ந்து உள்ளதாகும். உதாரணமாக, மூன்று வகையான தளங்களும் சமதூரத்தில் இருக்கும்படியாகவும், அவைகள் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாகவும் இருக்கும் படியாகவும் அமைக்கப்பட்டால் அவைகளால் உண்டாக்கப்படும் யூனிட் செல் (Unit cell) கனசதுர வடிவமானது (Cubic). இந்த முறைப்படி அமைக்கப்பட்ட அமைப்பில் $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$ வெக்டார்கள் (Vectors) ஒன்றுக்கொன்று சமமாகவும், அவைகள் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாகவும் இருக்கின்றன, அதாவது $a=b=c$; மேலும் $\alpha=\beta=r=90^\circ$. ஆகையினால், அச்சுகளின் நீளங்களுக்கு (Axial lengths) தனித்தனி வேறுபட்ட மதிப்புகளைக் கொடுத்து கோணங்களின் (Angles) மதிப்புகளையும் தனித்தனியாக மாற்றி வேறுபட்ட பல யூனிட் செல்களை வடிவாக்கலாம். இவ்வாறு செய்வதினால் பலவகையான லேட்டீஸ் புள்ளிகள் (Lattice points)

கிடைக்கின்றன. ஏனெனில், செல்களின் (Cells) மூலைகளில் லேட்டீஸ் புள்ளிகள் வைக்கப்படுகின்றன. இவ்வாறு உண்டாக்கப் படும் செல்களின் வடிவங்களால் ஏழுவிதமான செல்கள் (Cells) மட்டுந்தான் உண்டாக்கி, அவைகளின் உதவியால் எல்லாமுடிந்த புள்ளி-லேட்டீஸ்களையும் (Point Lattice) உண்டாக்க முடியும். இந்தப் புள்ளி-லேட்டீஸ்கள் ஏழு வகையான படிகங்களுக்குத் தொடர்பானவைகளாகும். இவ்வேழு வகைப் படிகங்களுக்குள் மற்ற எல்லாப் படிகங்களின் வகைகளையும் உள்ளடக்கிப் பிரிக்க முடியும்.

ஏழு வேறு வகைப்பட்ட புள்ளி-லேட்டீஸ்களை மிக எளிய முறையில் யூனிட் செல்லின் (Unit cell) மூலைகளில் புள்ளிகளை வைப்பதின் மூலம் ஏழுவகையான படிக வகைகளைப் (Crystal systems) பெற முடியும். எவ்வாறாயினும் ஒவ்வொரு புள்ளியைச் சுற்றிலும் ஒரே தன்மையான சுற்றுப்புற அமைப்பைக் (Identical surroundings) கொண்ட மற்ற அமைப்புகளையும் ஏற்படுத்தி புள்ளி - லேட்டீஸ்களுக்கான (Point lattice) தேவைகளைச் சரி செய்யமுடியும். பிரஞ்சுபடிகவல்லுனர் (French Crystallo-grapher) பிரவாஸ் (Bravais) என்பவர் இத் தன்மையான சிக்கல்களை ஆராய்ந்தறிந்து 1848-ஆம் ஆண்டு, பதினான்கு புள்ளி லேட்டீஸ் கள்தான் முடியுமே தவிர, அதைவிட அதிகமாக இருக்க முடியா தென்பதை செய்முறையின் (Demonstration) வாயிலாக விளக்கினார். அதனுடைய முதன்மையான விளைவாகவும் காரணமாகவும் அவரின் ஞாபகார்த்தமாக நாம் இன்று பிரவேஸ் லேட்டீஸ் என அழைக்கிறோம். உதாரணமாக, ஒரு கனசதுர செல்லின் (Cell of a cubic) புள்ளி லேட்டீஸில் ஒவ்வொரு மூலையிலும் ஒரு புள்ளியை வைத்தால், அதன் பயனாக ஏற்படும் புள்ளிகளின் அடுக்கு ஒரு புள்ளி லேட்டீஸை உண்டாக்கும். மற்றொரு புள்ளி லேட்டீஸை (Point lattice) உண்டாக்க ஒரு கனசதுர ஓரலகு செல்லின் (A cubic unit cell) ஒவ்வொரு மூலையிலும் புள்ளிகளைவைத்து, அதன் பக்கங்களின் மையத்திலும் புள்ளிகளை வைக்கலாம். இதனால் மற்றொரு புதிய புள்ளி லேட்டீஸ் உருவெடுக்கிறது.

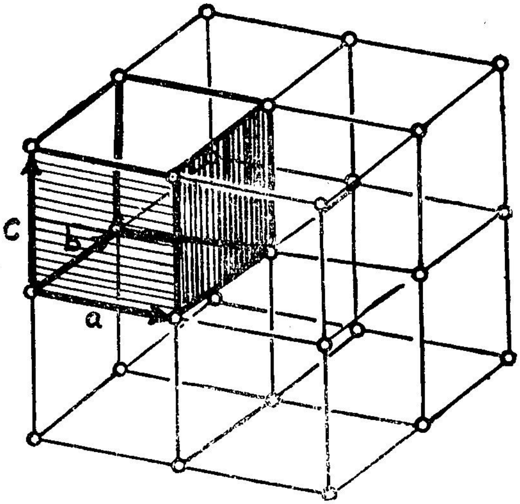
முதன் முதலில் நாம் ஒரு எளிய (Simple), புராதன (Primitive) அல்லது புராதன அல்லாத (Non-Primitive) செல்லு களுக்கிடையே (Cells) உள்ள வேறுபாட்டைப் பிரித்து அறிய வேண்டும். புராதன அல்லது பிரிமிட்டிவ் (Primitive) செல்கள் (Cells) என்பவை ஒரு செல்லுக்கு ஒரே ஒரு லேட்டீஸ் புள்ளியை உடையவையாகும். புராதன அல்லாத செல்கள் (Non-Primitive

Cells) ஒன்றைவிட அதிகமான லேட்டீஸ் புள்ளிகளை (Lattice Points) உடையவையாகும். ஒரு செல்லின் (Cell) உட்பாகத்தில் உள்ள ஒரு லேட்டீஸ் புள்ளி அந்த செல்லைச் (Cell) சேர்ந்தது அல்லது அந்தச் செல்லுக்குச் சொந்தமானது. ஒரு லேட்டீஸ் புள்ளி ஒரு செல்லின் (Cell) பக்கத்தில் (Face) இருந்தால் அது இரண்டு செல்களால் (Two cells) பகிர்ந்து கொள்ளப்படுகிறது. ஒரு லேட்டீஸ் புள்ளி (Lattice Point) ஒரு செல்லின் (Cell) மூலையில் (Corner) இருந்தால், அது எட்டுச் செல்களால் பகிர்ந்து கொள்ளப்படுகிறது. ஒரு ஓரலகு செல்லின் (Unit Cell) மொத்த லேட்டீஸ் புள்ளிகளைக் காண கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள சமன் பாட்டைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

$$N = Ni + \frac{Nf}{2} + \frac{Nc}{8}$$

இதில் Ni-என்பது செல்லின் உட் பாகத்திலுள்ள மொத்த லேட்டீஸ் புள்ளிகளையும், Nf-என்பது செல்லின் பக்கங்களிலுள்ள மொத்த லேட்டீஸ் புள்ளிகளையும். Nc-என்பது செல்லின் மூலைகளிலுள்ள (Corners) மொத்த லேட்டீஸ் புள்ளிகளையும் குறிப்பிடுகின்றன. ஆகையினால், எந்த ஒரு செல்லில் மூலைகளில் மட்டும் லேட்டீஸ் புள்ளிகள் உள்ளனவோ அது பிரிமிட்டிவ் (Primitive) அல்லது புராதன செல் (Cell) எனப்படும். இத்தோடு மேலும் செல்லின் உட்பாகத்திலும், அதன் பக்கங்களிலும் லேட்டீஸ் புள்ளிகளிலிருந்தால் அது பிரிமிட்டிவ் அல்லாத செல் (Non-Primitive cell) என்றழைக்கப்படும். குறியீடுகள் F-வும், I-யும் முறையே பக்க மையம் (Face-centered) பொருள் மையம் (Body-Centered) உடைய செல்களைக் குறிப்பிடப் பயன்படுத்தப் படும். A,B,C என்பன அடிப்பக்க மைய செல்களைக் (Base centered cells) குறிப்பிடப் பயன்படுத்தப்படும், எதிர் எதிர் பக்கங்களின் மையமுடைய ஓர் இணையை (One pair) A,B,C எனக் குறிப்பிடப் படுகின்றன. உதாரணமாக, A எனக் குறிப்பிட்டால் b,c ஆகிய இரு அச்சுகளால் வரையறுக்கப் பட்ட பக்கத்திலும் அதன் நேர் எதிர்பக்கத்திலும் மையமுடைய ஓர் இணை எனக் கொள்ளப்படும். இதைப் போன்றே மற்றவை களும் கொள்ளப்படுகின்றன. R என்ற குறியீடு ராம் ஹெட்ரால் (Rhombohedral or Trigonal) படிகத்திற்கு மட்டும் எளிய செல்லைக்(Simple cell) குறிப்பிட தனியாகப் பயன்படுத்தப் படுகிறது. மற்றப் படிகங்களின் எளிய செல்களை (Simple cells) P என்ற எழுத்தால் குறிப்பிடுவது வழக்கமாக இருந்து வருகிறது. அச்சுகளின் நீளங்கள் (Axial lengths) சமமாக உள்ள ஒரு குறிப்பிட்ட ஓர் ஒழுங்கு முறையை (System) எடுத்துக்காட்ட

ஒரே வகைக் குறியீடு பயன்படுத்தப் படுகிறது. இவ்வொரே வகைக் குறியீடு (Symbol) அவைகளின் சமமான தன்மையைக் காட்டி நிற்கிறது. உதாரணமாக ஒரு கனசதுர அச்சுகள் (Cubic axes) எல்லாவற்றையும் '*a*' எனக் குறிப்பிடப்படுகின்றன. கன நீள் சதுரத்தின் (Tetragonal) இரு சம அச்சுகளை '*a*' என்று குறிப்பிடப்பட்டு, மூன்றாவது அச்சை '*c*' என்றும் குறிப்பிடப் படுகின்றன.



படம் 2 2-1

புராதன அல்லது பிரிமிட்டிவ் செல்லைக் காட்டும் விளக்கப்படம்

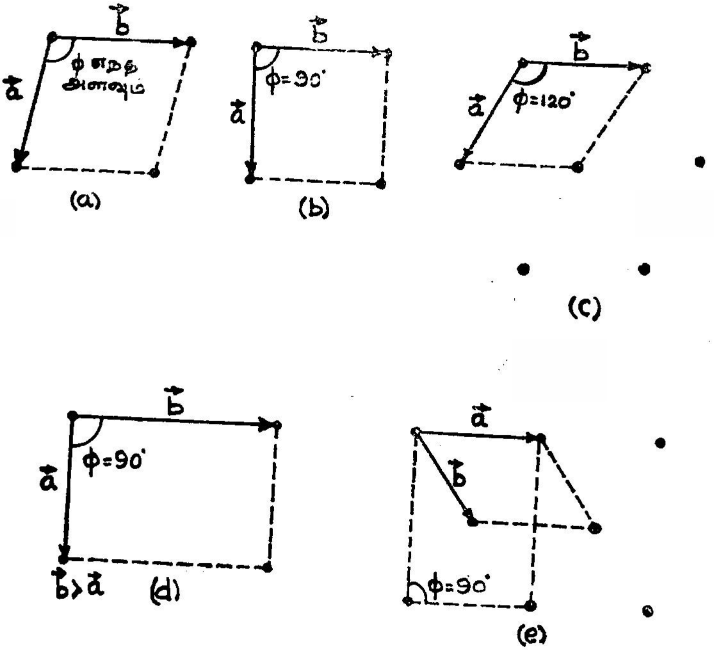
புராதன அல்லது பிரிமிட்டிவ் செல் (Primitive cell) படத்தில் காட்டியிருப்பது போன்று பிரிமிட்டிவ் அச்சுகளாகிய $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$ இவைகளால் வரையறுக்கப்பட்ட அமைப்பிற்கு ஒரு பிரிமிட்டிவ் அல்லது புராதனச் செல் (Primitive cell) எனப்படும். இதை அடிக்கடி ஓரலகு செல் (Unit cell) என்று அழைக்கப்படுகிறது. இதில் ஒரே ஒரு லேட்டீஸ் புள்ளிதான் இருக்கும். செல்லின் (Cell) எட்டு மூலைகளிலுமுள்ள லேட்டீஸ் புள்ளிகளை அங்கு சந்திக்கும் எட்டு செல்களும் பகிர்ந்து கொள்கின்றன. பிரிமிட்டிவ் செல்லின் கன அளவு பிரிமிட்டிவ் அச்சுகளாகிய $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$ என்பவைகளால்

$$Ve = \left| \vec{a} \times \vec{b} \cdot \vec{c} \right|$$

எனக் குறிப்பிடப்படுகிறது.

3. இரு-பக்க லேட்டீஸ் வகைகள் (Two-dimensional latticetype)

ஒரு எடுத்துக்காட்டான ஒத்த தன்மையான இயக்கத்தால் (Symmetry operation), அதாவது ஒரு லேட்டீஸ் புள்ளியின் வழியாகச் செல்லும் அச்சை வைத்துச் சுழற்றும்போது (Rotation) புதிய லேட்டீஸ்கள் உண்டாக்கப் படுகின்றன. இவ்வாறு செய்யும் போது ஒன்று, இரண்டு, மூன்று, நான்கு, ஆறு சுழல் அச்சுகள் பெறுவதற்கான வாய்ப்புகள் உள்ளன. இவைகள் $2\pi, 2\pi/2$, $2\pi/3$ $2\pi/4$, $2\pi/6$ ரேடியன் (Radian) மதிப்புகளுள்ள சுழற்றல் களுக்கு (rotations) தொடர்பானவையாகும். a, b அச்சுநீளங் களின் மதிப்பில் எந்த விதமான மாறுதல்களும் செய்யலாம். அதேபோன்று அவைகளுக்கிடையேயுள்ள கோணத்தின் (Angle) மதிப்பை எந்த அளவு வேண்டுமானாலும் வைத்துக் கொள்ளலாம். இவ்வாறு a, b ஆகியவைகளின் மதிப்புகளை மாற்றியும், ϕ-ன் மதிப்பையும் மாற்றி பல லேட்டீஸ்கள் உண்டாக்க வாய்ப்பு இருப்பினும், சில கட்டுப்பாடுகளுக்குட்பட்டு கீழே கொடுக்கப் பட்டுள்ள ஐந்து விதமான லேட்டீஸ்களே உண்டாக்க முடியும்.



படம் 2 3-1

ஐந்து விதமான இரு பக்க அல்லது இரு பரிமாண லேட்டீஸ் வகைகளின் விளக்கம்.

அவைகளாவன :

1. சாய்வானது (Oblique)
2. சதுரம் (Square)
3. அறுங்கோண வடிவம் (Hexagonal)
4. பிரிமிட்டிவ் நீள்சதுரம் அல்லது செவ்வகம் (Primitive rectangular)
5. மையமான செவ்வகம் (Centered rectangular)

இரு பக்க லேட்டீஸ்கள்

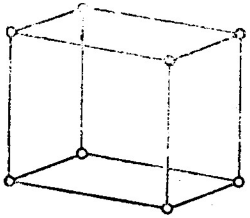
வரிசை எண்	லேட்டீஸ் (Lattice)	வழக்கமான செல் (Conventional cell)	வழக்கமான செல்லின் அச்சுகள் (Axes of conventional Cell)	புள்ளித் தொகுப்புக் குறியீடு (Point group symbol)
1.	சாய்வளவு (Oblique)	இணைகரம்	$a \neq b$, $\phi \neq 90°$	2
2.	சதுரம் (Square)	சதுரம்	$a = b$, $\phi = 90°$	4 m m
3.	அறுங்கோண வடிவம் (Hexagonal)	60° ராம்பஸ்	$a = b$, $\phi = 120°$	6 m m
4.	பிரிமிட்டிவ் செவ்வகம் (Primitive rectangular)	செவ்வகம்	$a \neq b$, $\phi = 90°$	2 m m
5.	மையமான செவ்வகம் (Centered rectangular	செவ்வகம்	$a \neq b$, $\phi = 90°$	2 m m

4. மூன்று பக்க லேட்டீஸ் வகைகள் (Three Dimensional lattice types)

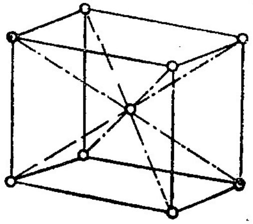
இருபக்க லேட்டீஸ்வகைகளில் ஏற்படும் புள்ளித் தொகுப்புகள் (Point groups) ஐந்து விதமான லேட்டீஸ்களுக்குத் தொடர்பான வைகளாகும். மூன்று பக்க லேட்டீஸ்களின் புள்ளி ஒத்த தன்மைத் தொகுப்புகள் (Point symmetry groups) பதினான்கு வேறுபட்ட

லேட்டிஸ் வகைகளைக் கொடுக்கின்றன. ஆனால், இவைகளினுடைய பொதுவான லேட்டிஸ் வகை (General lattice type) ட்ரைக்கிளினிக் லேட்டிஸ் (Triclinic) ஆகும். மூன்று பக்க லேட்டிஸ் வகைகள் அனைத்தையும் வசதியாக ஏழு படிக ஒழுங்கு முறைகளாக அவைகளின் வழக்கமான ஓரலகு செல்களின் (Unit cells) அடிப்படையில் பிரித்து வைக்கப்படுகின்றன. அவ்வேழு வகையானவைகள், ட்ரைக்கிளினிக் (Triclinic), மோனோக்கிளினிக் (Monoclinic), ஆர்த்தோராம்பிக் (Orthorhombic), நீள் சதுரம் (Terragonal), கன சதுரம் (Cubic), ட்ரைஹோனல் (Trigonal), அறுங்கோண வடிவம் (Hexagonal) என்பனவாகும். அச்சுகளின் நீளங்கள் a, b, c, கோணங்களின் அளவுகள் α, β, r முதலியனவற்றின் வரையறுப்புப் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளன.

இவைகளின் ஓரலகு செல்கள் (Unit cells) கீழே உள்ள படங்களில் காட்டப்பட்டுள்ளன. பதினான்கு வழக்கமான செல்கள் உள்ளன. ஆனால், அவைகள் எப்பொழுதும் பிரிமிட்டிவ் செல்களாக (Primitive cells) இருப்பதில்லை. இப்பொழுது இவ்வகையிலுள்ள ஒவ்வொரு வழக்கமான செல்லின் (Conventional Cell) தன்மையையும் கவனிப்போம்.

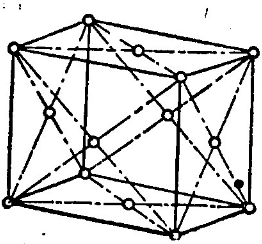


படம் 2 4-1 (a)

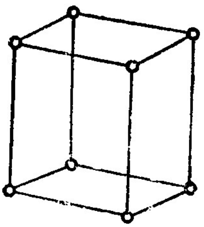


படம் 2 4-1 (b)

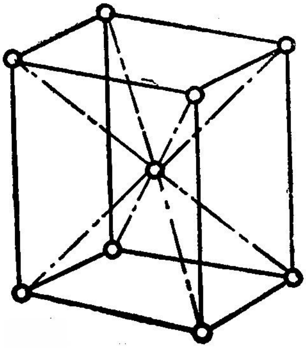
பதினான்கு வகை பிரவேஸ் லேட்டிஸ்களை விளக்கும் படங்கள்



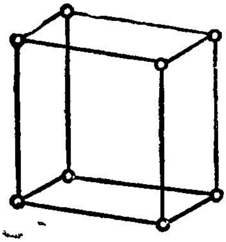
படம் 2 4-1 (c)



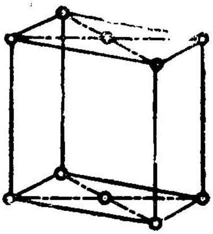
படம் 2 4-1 (d)



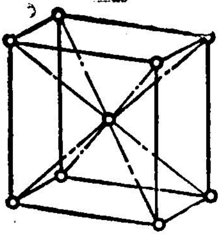
படம 2 4-1 (e)



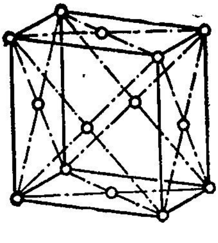
படம் 2 4-1 (f)



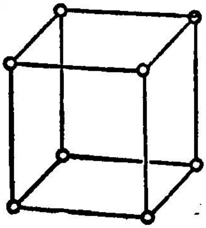
படம் 2 4-1 (g)



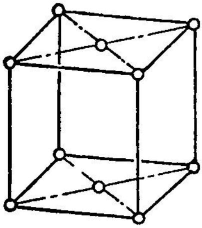
படம் 2 4-1 (h)



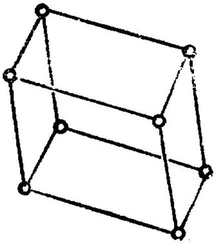
படம 2 4-1 (i)



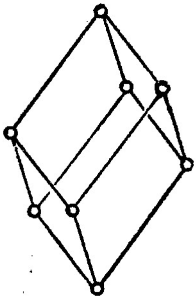
படம் 2 4-(j)



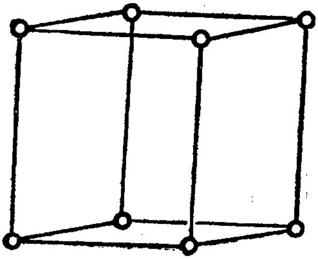
படம் 2 4-1 (k)



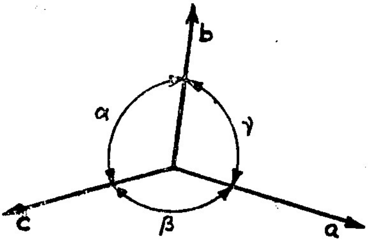
படம் 2 4 - (l)



படம் 2 4 - 1 (m)



படம் 2 4 - 1 (n)



படம் 2 4 - 1 (o)

படிக அச்சுகள் a, b, c-யையும் α, β, r கோணங்களையும் விளக்கிக் காட்டும் படம்.

5. பதினான்கு பிரவேஸ் லேட்டீஸ்கள்

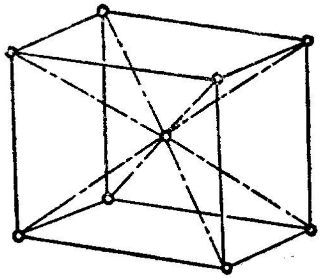
1. ட்ரைக்கிளினிக் ஒழுங்கு முறையில் (Triclinic system) ஒரு தனி லேட்டீஸ் (Single lattice) ஒரு பிரிமிட்டிவ் ஓரலகு செல்லை (Primitive unit cell) உடையதாகவுள்ளது. அதனுடைய மூன்று அச்சுகளும் சமமானவையல்ல. மூன்று கோணங்களும் சமமானவையல்ல.

2. மோனோக்கிளினிக் ஒழுங்கு முறையில் இரண்டு வகையான லேட்டீஸ்கள் உள்ளன. ஒரு லேட்டீஸ் பிரிமிட்டிவ் செல்லை (Primitive cell) உடையதாகவும், மற்றொன்று பிரிமிட்டிவ் அல்லாத செல்லை (Non-primitive cell) உடையதாகவும் உள்ளது. பிரிமிட்டிவ் அல்லாத செல்லின் ab தளத்தின் செவ்வகப் பக்கத்தில் அடிப்பக்க மையமுடையதாக (Base Centered C-type) இருக்கிறது.

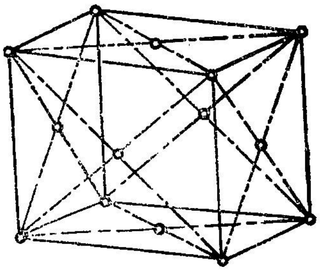
3. ஆர்த்தோராம்பிக் ஒழுங்கு முறையில் நான்கு வகையான லேட்டீஸ் உள்ளன. அவைகளில் ஒன்று பிரிமிட்டிவ் செல்

மூன்று வகை கன சதுரங்களின் பண்பியல்கள்

வரிசை எண்	அளவீட்டு வகை	எளியது (Simple)	பொருள் மையம் கன சதுரம் (B C C)	பக்க மைய கன சதுரம் (F.C.C)
1.	வழக்கமான செல்லின் கன அளவு	a^3	a^3	a^3
2.	ஒரு செல்லிலுள்ள லேட்டீஸ் புள்ளிகள்	1	2	4
3.	பிரிமிட்டிவ் செல்லின் கன அளவு	a^3	$\frac{1}{2}a^3$	$\frac{1}{4}a^3$
4.	ஓரலகு கன அளவிலுள்ள லேட்டீஸ் புள்ளிகள்	$1/a^3$	$2/a^3$	$4/a^3$
5.	மிக அருகிலுள்ள லேட்டீஸ் புள்ளிகளின் எண்	6	8	12
6.	மிக அருகிலுள்ள லேட்டீஸ் புள்ளியின் தூரம்	a	$\sqrt{3}\,a/2$ (= ·866a)	$a/\sqrt{2}$ (= 0·707a)
7.	அருகிலுள்ள இரண்டில் லேட்டீஸ் புள்ளிகள்	12	6	6
8.	அருகிலுள்ள இரண்டாம் லேட்டீஸ் புள்ளியின் தூரம்	$\sqrt{2}\,a$	a	a



படம் 2 5-1
பொருள் மைய கன சதுர லேட்டிஸ்



படம் 2 5-2
பக்க மைய கன சதுர லேட்டிஸ்

(Primitive cell), மற்ற மூன்று அடிப்பக்க மையம் (Base-centered), பொருள் மையம் (Body centered) பக்க மையம் (Face centered) உள்ளவைகளாகும்.

4. நீள் கன சதுர (Terragonal) ஒழுங்கு முறையில் ஓர் எளிய செங்குத்து சதுரவடிவான பிரிமிட்டிவ் செல் (Primitive cell) ஒன்றையும், பொருள் மைய செல் (Body centered-cell) ஒன்றையும் உடையதாகும்.

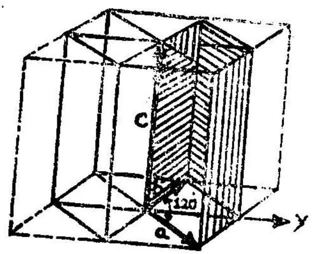
5. கன சதுர (cubic) ஒழுங்கு முறையில் மூன்று வகையான லேட்டிஸ்கள் உள்ளன. ஒன்று சாதாரண எளிய கனசதுரம் (Simple cubic), மற்றொன்று பொருள் மைய கன சதுர (B C C) லேட்டிஸ், மூன்றாவது பக்க மைய கன சதுர (F C.C.) லேட்டிஸ் ஆகிய மூன்று வகைகளாகும். இம்மூன்று வகை கனசதுர லேட்டிஸ்களின் பண்பியல்கள் அடுத்து வரும் அட்டவணையில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

6. ட்ரைஹோனல் ஒழுங்கு முறையில் ஒரு ராம்போ ஹெட்ரானை (Rhombohedron) வழக்கமாக பிரிமிட்டிவ் செல் லாகத் (Primitive cell) தேர்ந்தெடுப்பது வழக்கம். இந்த லேட்டிஸ் ஒரு பிரிமிட்டிவ் ஆகும்.

7. அறுங்கோண ஒழுங்கு முறையில் ஒரு செங்குத்து பட்டக வடிவமான 60° கோணத்திலுள்ள ஒரு சாய் சதுர அடிப் பக்கத்தையுடைய (Based on a rhombus with an angle of 60°) வழக்கமான செல்லை (Cell) எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது. இந்த லேட்டிஸ் ஒரு பிரிமிட்டிவ் ஆகும். இதன் தன்மையைப் பின் வரும் படத்தில் காணலாம்.

6. மூன்று பக்கப் பதினான்கு வகை லேட்டிஸ்கள்

வரிசை எண்	ஒழுங்குமுறை (System)	ஒவ்வொரு ஒழுங்குமுறையிலுள்ள லேட்டிஸ்கள்	லேட்டிஸ் குறியீடுகள்	செல் அச்சுகளிலும், கோணங்களிலுமுள்ள கட்டுப்பாடுகள்
1.	ட்ரைகிளினிக் (Triclinic)	1	P	$a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq r$
2.	மோனோக்கிளினிக் (Monoclinic)	2	P, C	$a \neq b \neq c$ $\alpha = r = 90^\circ \neq \beta$
3.	ஆர்த்தோராம்பிக் (Orthorhombic)	4	P, C, I, F	$a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ$
4.	நீள் கன சதுரம் (Tetragonal)	2	P, I	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = r = 90^\circ$
5.	கன சதுரம் (Cubic)	3	P or sc I or bcc F or fcc	$a = b = c$ $\alpha = \beta = r = 90^\circ$
6.	ட்ரைஹோனல் (Trigonal)	1	R	$a = b = c$ $\alpha = \beta = r < 120^\circ \neq 90^\circ$
7.	அறுங்கோண வடிவம் (Hexagonal)	1	P	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ \quad r = 120^\circ$



படம் 2 5-3

அறுங்கோண அமைப்பிலுள்ள பிரிமிட்டிவ் செல்லின் தொடர்பை விளக்கும் படம். இதில் $a = b \neq c$ $\alpha = \beta = 90°$; $r' = 120°$

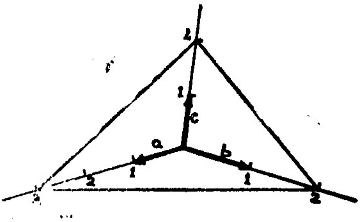
3. படிகத்தின் தளங்களின் நிலையும் அதன் தொடக்கமும்

ஒரு படிகத்தில் அதனுடைய தளங்களின் நிலையையும், அதன் தொடக்கத்தையும் கண்டறிய ஏதாவது மூன்று புள்ளிகள் அத் தளத்தில் எடுத்துக் கொள்ளப்படுகின்றன. ஆனால், இம் மூன்று புள்ளிகளும் ஒன்று சேரக் (Collineor) கூடாது. ஒவ்வொரு புள்ளியும் ஒரு படிக அச்சில் இருக்கும்படி எடுத்துக் கொண்டால் பின்னர் தளத்தின் நிலையை எடுத்துக்கூற லேட்டீஸ் மாறிலிகளின் மதிப்பில் (Internation of lattice constants) கணக்கீடு செய்து அறியலாம். உதாரணமாக, தளத்தை வரையறுக்கும் அணுக்களின் அச்சுப்புள்ளிகள் (Co-ordinates), (2,0,0),(0,1,0) (0,0,2) என ஒரு தொடக்கப் புள்ளியிலிருந்து (Origin) குறிப்பிடப் பட்டால், அத் தளத்தின் நிலையை 2,1,2 என்ற எண்களால் குறிப் பிடலாம். இவ்வாறு மில்லர் குறியீட்டெண்களால் (Miller indices) ஒரு தளத்தைக் குறிப்பிட்டெழுதுவது கட்டமைப்புப் பகுப்பாய்வில் (Structure analysis) மிகவும் பயனுள்ளதாக இருக்கிறது. ஒரு தளத்தின் நிலையைக் கண்டறிய கீழ்க்காணும் முறை கையாளப்படுகிறது.

1. ஒரு பிரிமிட்டிவ் அல்லது பிரிமிட்டிவ் அல்லாத (Primitive or non-primitive) படிக அச்சுகளில் ஏற்படுத்தப்படும் குறுக்கீட்டுகளின் (Intercepts) தூரத்தை a, b, c-ன் மதிப்புகளில் காண வேண்டும். a, b, c என்பவை லேட்டீஸ் மாறிலிகளாகும் (Lattice constants).

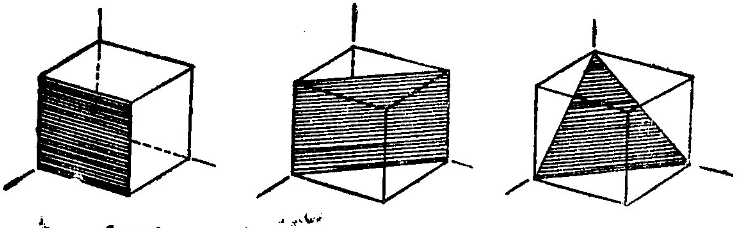
2. இந்த எண்களில் தலைகீழ் மதிப்புகள் (Reciprocals) கண்டு பிடிக்கப்பட்டு, பின்னர் அம் மூன்று எண்களும் ஒரே விகிதத்தில் கொண்டுவரப்பட்டு, அவைகளின் குறைந்தமதிப்புகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டு அவைகள் ஒரு அடைப்புக்குறிக்குள் எழுதப் படுகின்றன. மேலே கூறப்பட்ட தளத்தின் குறுக்கீட்டுகளின் மதிப்பு 2,1,2 எனக் கொண்டால், இவைகளின் தலைகீழ் மதிப்புகள் $\frac{1}{2}, \frac{1}{1}, \frac{1}{2}$ என்பதாகும். ஆகையினால் மேற்கூறிய தளத்தின் மில்லர் குறியீட்டெண்கள் (121) ஆகும். அதாவது அத்தளம் (121) தளம் (Plane) எனக் கூறப்படும். குறியீட்டெண்கள் (hkl)

ஒரு தனித்தளத்தையோ (Sing'e plane) அல்லது ஒரு தளத் தொகுப்பையோ குறிப்பிடலாம். ஒரு தளம் படிக அச்சின் எதிர் மறைப் பகுதியில் (Negative side) வெட்டுமானால் அதனுடைய குறியீட்டெண் எதிர் மறையில் கொள்ளப்படும். இதை $(h\,k\,\bar{l})$ எனக் குறிப்பிடப்படுவது வழக்கம். ஒரு கன சதுர படிவத்தின் (Cubic crystal) சதுரப்பக்கங்களை *(100)*, *(010)*, *(001)* $(\bar{1}00)$, $(0\bar{1}0)$, $(00\bar{1})$ எனக் குறிப்பிட வேண்டும். *(200)* தளம் *(100)* தளத்திற்கு இணையாக இருக்கும். ஆனால் இத் தளம் படிக அச்சை $\frac{1}{2}a$ என்ற புள்ளியில் வெட்டுகிறது கீழ்க் காணும் படத்தில் கனசதுர படிகத்தின் முக்கியமான தளங்களின் நிலைகள் காட்டப்பட்டுள்ளன.

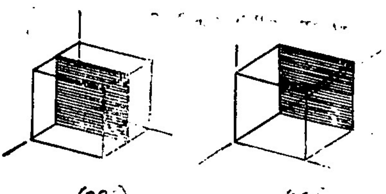


படம் 3 1 - (a)

(233) என்ற தளத்தை விளக்கும் படம்



(100) (110) (111)



(200) (100)

படம் 3 1 - (b)

கன சதுரப் படிகத்தின் சில முதன்மையான தளங்களை விளக்கும் படங்கள்

கன சதுர படிகத்தின் சில முதன்மையான தளங்கள்

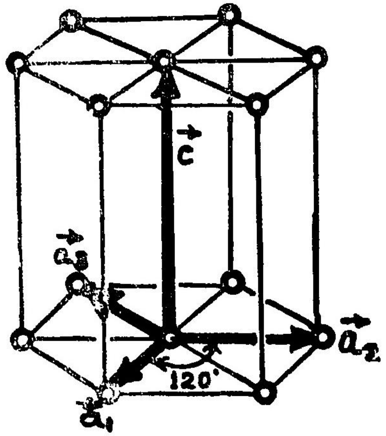
ஒரு படிகத்தில் படிக அச்சுகளை ஒப்பிட ஒரு குறிப்பிட்ட திசையை (Direction) தளத்தைக் குறிப்பது போன்ற மில்லர் குறியீட்டெண்களால் (Miller indices) ஒரு சதுர அடைப்புக்குள் எழுதிக் குறிப்பிடப்படுகிறது. திசையை $[h\ k\ l]$ எனக் குறிக்க வேண்டும். இந்த எண்கள் ஒரு வெக்டாரின் திசைக் கூறுகளைக் (Components) காட்டும் ஒரு கனசதுர படிகத்தில் X-ன் அச்சு $[100]$ திசையைக் குறிக்கும், Y-ன் அச்சு $[0\bar{1}0]$ திசையைக் குறிக்கும், கனசதுர படிகங்களில் $[hk\ l]$ தளத்திற்குச் செங்குத்தாக இருக்கும் ஒரே குறியீட்டெண்களே பயன்படுத்தப்படும். ஆனால், மற்ற படிக ஒழுங்கு முறைகளுக்கு இது ஒத்து வராது,

1. ஒத்த தன்மை (Symmetry) அல்லது சம தோற்றம்

பிரவேஸ் (Bravais) லேட்டீஸ்களும், உண்மையான படிகங்களும் சேர்ந்து அதாவது பிரவேஸ் லேட்டீஸ் மீது அமைந்துள்ள உண்மைப்படிகங்களும் பலவிதமான ஒத்த தன்மைகளைக் காட்டுகின்றன. ஒரு பொருள் (Body) அல்லது ஒரு கட்டமைப்பு (Structure) இவைகளில் ஒரு சில இயக்கங்களை (Certain operation) உண்டாக்கும் போது அது மறுபடியும் தன்னுடைய முதல் நிலையையோ அல்லது அதைப் போன்று ஒத்த ஒரு தோற்றத்தையோ கொடுக்கும் தன்மையுடையதானால் அப்பொருள் அல்லது அக் கட்டமைப்பு ஒத்த தன்மை அல்லது சம தோற்றத்தன்மை (Symmetry) உடையது எனக் கொள்ளலாம். இவ்வாறு செய்யப்படும் இயக்கங்களுக்கு அல்லது செயல்களுக்குச் சமதோற்ற இயக்கங்கள் (Symmetry operations) என்று கூறப்படுகின்றன. சம தோற்ற இயக்கங்கள் பலவகைப்படும்.

வழக்கமாகப் பயன்படுத்தப்பட்டு வரும் குறியீட்டு முறைக்கு (Indexing method) சிறிது மாறுபட்ட குறியீட்டு முறையை அறுங்கோண வடிவத்திற்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஒரு அறுங்கோண வடிவ ஓரலகு செல்லின் (Unit cell of hexagonal) லேட்டீஸில் ஒரே தளத்தில் இரு சமமான $\vec{a}_1, \vec{a}_2$ என்ற வெக்டார்கள் (Vectors) ஒன்றுக்கொன்று $120°$ இடைக் கோணத்திலும் மூன்றாவது அச்சாகிய $\vec{c}$ என்ற வெக்டார் முதலிரண்டிற்கும் செங்குத்தாகவும் வைத்து வரையறுக்கப்படுகிறது. லேட்டீஸின் முழுப் பகுதியையும் வழக்கம்போல $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{c}$ என்ற வெக்டார்களின் திருப்பங்களை மாறிமாறி ஓரலகு செல்லின் மூலைகளிலுள்ள

புள்ளிகளால் செய்துமுடிக்கப்படுகின்றது. இவ்வாறு உண்டாக்கப் பட்ட சில புள்ளிகள் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளன. இவ்வாறுஏற் படுத்தப்பட்ட புள்ளிகள் விட்டுவிட்டு வரையப்பட்ட கோடுகளின் முடிவில் காட்டப்பட்டுள்ளன. இவைகள் C-அச்சுக்கு இணையாக 6-தடவை சுழல் தன்மையை (Six-fold rotation) யுடைய அறுங் கோண வடிவ சம தோற்றத்தை (Hexagonal symmetry) எடுத்துக்காட்டுகின்றன. மூன்றுவது அச்சாகிய $\vec{a_3}$ அறுகோணப் பட்டகத்தின் (Hexagonal prism) அடித்தளத்திலேயே (Basal plane) $\vec{a_1}, \vec{a_2}$ முதலியவைகளோடு சமதோற்றத்தோடு இணைக்கப் பட்டுள்ளது. இது மற்ற இரு அச்சுகளோடு ஐக்கியப்படுத்தப் பட்டு (Conjuction) பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஆகையினுல் அறுங் கோண வடிவ படிகத்தின் குறியீட்டு எண்கள் நான்கு அச்சுகளைக் காட்டும் தன்மையுடையது. இதை $(h\,k\,i\,l)$ எனக் குறிக்கப் படுகிறது, குறியீடு 'i' என்பது $\vec{a_3}$ அச்சிலுள்ள குறுக்கீட்டின் (Intercept) தலைகீழ் பின்னத்தின் மதிப்பு (Reciprocal of the fraction) ஆகும். ஏனெனில் $\vec{a_1}, \vec{a_2}$ இவைகளுள்ள தளத்தில் ஏற்படும். குறுக்கீடுகள் (Intercepts) $\vec{a_3}$ மீதுள்ள குறுக்கீட்டைத் தீர்மானிக்கிறது, 'i'-ன் மதிப்பு h,k இவைகளின் மதிப்புகளைச் சார்ந்துள்ளது.



படம் 3 1-1

அறுங்கோண வடிவப்பட்டகத்தின் அச்சுகளின் விளக்கம்

அறுங்கோண வடிவப் பட்டகத்தின் அச்சுகள்

இதனுடைய தொடர்பை $h+r=i$ எனக் குறிப்பிடப் படுகிறது.

b,r இவைகளின் மதிப்புகளைக் கொண்டு 'i'-ன் மதிப்புஎழுதப் படுவதால் சில சமயங்களில் இதை ஒரு புள்ளியால் (Dot) குறிப்பிடப்படுகிறது ஒரு தளத்தின் குறியீட்டை $(hk \cdot l)$ எனப் படுகிறது: எவ்வாறெனினும், இந்த உபயோகம் (Usage) மில்லர்-பிரவேஸ் (Miller Bravais) குறியீட்டு முறையின் நோக்கத்தை முறியடிக்கிறது. அதாவது, ஒரே ஒத்த தளங்களுக்கு (Similar plans) ஒத்த குறியீட்டெண்களை (Similar indices) பயன் படுத்துவதுவதென்பதே மில்லர்-பிரவேஸ் குறியீட்டு முறையின் நோக்கமாகும். உதாரணமாக, ஒரு அறுங்கோண பட்டகத்தின் (Hexagonal prisim) பக்க தளங்கள் எல்லாம் ஒரே ஒத்த தன்மை யாக இருக்கின்றன. மேலும், அவைகளை ஒத்த தன்மையில் (Symmetrically) கண்டறிய முடியும். இவைகளுக்கிடையேயுள்ள தொடர்புகளை மிக விளக்கமாக மில்லர்-பிரவேஸின் குறியீடு களில் $(10\bar{1}0)$, $(01\bar{1}0)$, $(\bar{1}100)$, $(\bar{1}010)$, $(0\bar{1}10)$ $(1\bar{1}00)$ குறியிட்டுக் காட்டப்படுகின்றன. ஆனால், சுருக்கப்பட்ட (Abbreviated) குறியீடுகளால் இதே தளங்களை முறையே $(10\cdot0)$ $(01\cdot0)$, $(\bar{1}1\cdot0)$, $(\bar{1}0\cdot0)$, $(0\bar{1}\cdot0)$, $(1\bar{1}0)$ என்று குறிப்பிடுவதில் உடனடியாகத் தொடர்புகளைக் காணமுடிவதில்லை.

அறுங்கோண லேட்டீஸ்களின் திசைகளை (Directions) $\vec{a_1}$, $\vec{a_2}$, $\vec{c}$ என்ற அடிப்படையான வெக்டார்களால் (Vectors) நன்முகக் குறிப்பிட்டுக் காட்டலாம். நான்கு குறியீட் டெண்களைப் பயன்படுத்தித் திசைகளை சில சமயங்களில் குறிப்பிடுவதும் உண்டு. தேவையான திசையை நான்கு திசைக் கூறு வெக்டார்களாக (Four component vectors) $\vec{a_1}$, $\vec{a_2}$, $\vec{a_3}$, $\vec{c}$ என்ற அச்சுகளுக்கு இணையாகப் (Parallel) பிரித்து மூன்றுவது குறியீட்டை (Third index) முதலிரண்டு குறியீடுகளின் மொத்தத்தின் எதிர் தன்மையாகக் (Negative) கொள்வதுண்டு. ஆகையினால் $[100]$ என்பது உதாரணமாக $[2\bar{1}\bar{1}0]$ ஆகவும், $[210]$ என்பது $[10\bar{1}0]$ ஆகவும், $[010]$, என்பது $[\bar{1}2\bar{1}6]$ என்றும் மாறுவதைக் காணலாம்.

2. மண்டல அச்சுகள் அல்லது ஸோண் அச்சுகள் (Zone axes)

இடைவெளி லேட்டீஸ்களின் (Space-Lattice) தளங்கள் (Planes) அணுக்களினுடைய (Atoms) தளங்களாக இருப்பதால், இத் தளங்களின் வெட்டுமிடங்கள் (Intersections) அணுக்களின்

வரிசைகளைக் (Rows of atoms) கொண்ட தளங்களாக இருக்கின்றன. இதற்கு எதிர்மாறாக (Conversely) ஒவ்வொரு அணுக்களின் வரிசையும் ஒன்று அல்லது அதற்கு அதிகமான அணுக்களின் தளங்களை (Atomic planes) வெட்டும் கோடாக இருக்கிறது. இந்த முறையாகப் பார்ப்போமானால் அணுக்களின் ஒரு வரிசையை ஒரு ஸோண் அச்சு (Zone axes) அல்லது ஒரு மண்டல அச்சு என்று அழைக்கப்படுகிறது. மில்லர் குறியீட்டெண்கள் (Miller indices) சிறியவைகளாகக் கொண்ட பல தளங்கள் ஒரு குறிப்பிட்ட மண்டல அச்சில் வெட்டுமானால் அந்த மண்டல அச்சு (Zone axis) மிகவும் முதன்மையானதாகக் கருதப் படுகிறது. ஒரு கன சதுர லேட்டீஸில் (Cubic lattice) X, Y, Z அச்சுகளுக்கு இணையாக உள்ள மண்டல அச்சுகள் மிக முக்கியத் துவம் வாய்ந்த அச்சுகளாகக் கொள்ளப்படுகின்றன. உதாரண மாக, Z-அச்சுக்கு ஏதாவது அணுக்களின் வரிசை இணையாக இருந்தால், அந்த அணுக்கள் (100), (110), (210), (320) .. போன்ற தளங்களின் குடும்பத்தில் (Families of planes) ஒரு உறுப்பினராக (Member) இருக்கும்.

ஒரு கனசதுர இடைவெளி லேட்டீஸின் ஒரு தளத்தை எடுத்துக்கொண்டு பார்ப்போமானால், அதனுடைய மில்லர் குறி யீட்டெண்கள் (Miller indices), h_1, k_1, l_1 என்று இருப்பதாக வைத்துக்கொள்வோம். மற்றொரு தளம் இத் தளத்திற்கு இணை யாகவும் தொடக்கப்புள்ளி (Origin) வழியாகவும் சென்றால் இத் தளத்திலுள்ள, x, y, z என்ற அச்சுப் புள்ளிகளைக் கொண்ட எந்த ஒரு அணுவின் நிலையையும் கீழ்க்காணும் தளச் சமன்பாட்டால் (Equation of the plane) குறிப்பிடலாம்.

$$h_1x + k_1y + l_1z = O$$

மேலும், h_1, k_1, l_1 என்ற தளத்தை வெட்டிக்கொண்டும், xyz அணுவையும் தன்னகத்தே கொண்டதுமான வேறு ஒரு தளத்தின் மில்லர் குறியீட்டெண்கள் h_2, k_2 l_2 என இருந்தால், கீழே உள்ள நிபந்தனையையும் நாம் பயன்படுத்தலாம்.

$$h_2x + k_2y + l_2z = O$$

xyz என்ற அணுவின் வழியாகவும் சென்று ஒன்றையொன்று வெட்டிக்கொள்ளும் இரண்டு தளங்களின் சமன்பாட்டை,

$$\frac{x}{k_1l_2 \quad l_1k_2} = \frac{y}{l_1h_2—h_1l_2} = \frac{z}{h_1k_2 - k_1h_2}$$

என்று எழுதலாம்.

மூன்று பகுதிகளுக்கும் (Denominators) மண்டலத்தின் அல்லது ஸோனின் குறியீட்டெண்கள் (Indices of the zone) என்று அழைக்கப்படும். இவைகளை வழக்கமாக $[UVW]$ என எழுதுவது முறையாகும். இதில்,

$$U = k_1 l_2 - l_1 k_2$$

$$V = l_1 h_2 - h_1 l_2$$

$$W = h_1 k_2 - k_1 l_2$$

ஒரு ஆர்த்தோராம்பிக் (Orthorombic) படிகத்திற்கு.

$$U = k_1 \frac{l_2}{c} - \frac{l_1}{c} k_2$$

$$V = \frac{l_1}{C} \frac{h_2}{A} - \frac{h_1}{A} \frac{l_2}{C}$$

$$W = \frac{h_1}{A} k_2 - k_1 \frac{h_2}{A}$$

இரண்டு மண்டல அச்சுகள் (Zone axes), $(U_1\ V_1\ W_1)$, $(U_2\ V_2\ W_2)$ என்பவைகளை அடக்கிய ஒரு தளத்தின் மில்லர் குறியீட்டெண்கள்,

$$h = v_1 w_2 - w_1 v_2$$

$$k = w_1 u_2 - u_1 w_2$$

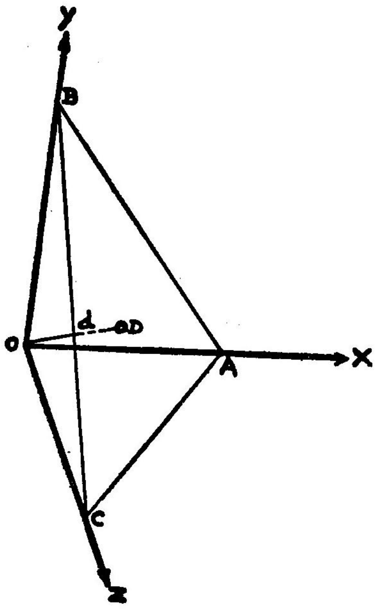
$$l = u_1 v_2 - v_1 u_2$$

என்று குறிப்பிடப்படுகின்றன.

ஒரு கன சதுர ஒழுங்கு முறையில் (System) ஒரு கொடுக்கப் பட்ட மண்டல அச்சின் குறியீட்டெண்கள், அந்த மண்டல அச்சுக்குச் செங்குத்தாக உள்ள தளங்களின் குடும்பத்தின் குறியீட் டெண்களுக்கு (Indices of the family of planes) எண்ணளவில் (Numerically) சமமாக இருக்கும். உதாரணமாக, ஒரு கன சதுரத் தில் $[100]$ அச்சு (100) தளத்திற்குச் செங்குத்தாக இருக்கும். $[010]$ அச்சு (010) தளத்திற்குச் செங்குத்தாகவும் $[1\bar{1}1]$ அச்சு $(1\bar{1}1)$ தளத்திற்குச் செங்குத்தாகவும் இருக்கும்.

3. இடைவெளிச் சமன்பாடு (Spacing formula)

அச்சுகள் செங்குத்தான படிகங்களுக்கு இடைவெளித் தூரம்



படம் 3 3-1
இடை வெளித் தூரத்தைக் காட்டும் பட விளக்கம்

இடைவெளித் தூரத்தைக் காணல்

இச் சமன்பாடு மூன்று அச்சுகளும் செங்குத்தாக இருக்கின்ற படிகங்களுக்கு மட்டும் (Orthogonal crystals only) பொருந்தும். அதாவது $\alpha = \beta = r = 90°$ ஆக இருக்கவேண்டும். படத்தில் ABC என்பது OD என்ற செங்குத்துக் கோட்டிற்கு செங்குத்தான தளமாகும். OD என்ற செங்குத்துக்கோடு படிக அச்சுக் களுடன் முறையே α_1 α_2 α_3 என்ற கோணங்களை உண்டாக்கு கிறது. அதாவது $OA = \frac{a}{h}$; $OB = \frac{b}{k}$; $OC = \frac{c}{l}$ என் பதாகக் கொண்டால், பின்னர்,

$$d = a\frac{\cos\alpha_1}{h} = b\frac{\cos\alpha_2}{k} = c\frac{\cos\alpha_3}{l} \quad \cdots (1)$$

அதாவது, $\cos\alpha_1 = \frac{dh}{a}$; $\cos\alpha_2 = \frac{dk}{b}$; $\cos\alpha_3 = \frac{dl}{c}$ ... (2)

அச்சு வடிவியல் (Co-ordinate geometry) விதியின்படி,

$$\cos^2\alpha_1 + \cos^2\alpha_1 + \cos^2\alpha_3 = 1 \text{ ஆகும்,}$$

அதாவது, $\frac{d^2h^2}{a^2} + \frac{d^2k^2}{b^2} + \frac{d^2l^2}{c^2} = 1$

$$d^2\left(\frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2}\right) = 1$$

$$d^2 = \frac{1}{\left(\frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2}\right)}$$

$$d = \left(\frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

(1) கனசதுர படிகத்தில் (Cubic crystal)

$a = b = c$; $\alpha = \beta = r = 90°$

ஆகையினால் $d = \left(\frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{a^2} + \frac{l^2}{a^2}\right)^{-V\frac{3}{4}}$

$$d = \frac{a}{(h^2+k^2+l^2)^{\frac{1}{2}}}$$

$$= a\ (h^2 + k^2 + l^2)^{-\frac{1}{2}}$$

(2) நீள் கனசதுர படிகத்திற்கு (Tetragonal crystals)

$a = b \neq c$ $\qquad \alpha = \beta = r = 90°$

$$d = \left(\frac{h^2}{a_2} + \frac{k^2}{a^2} + \frac{l^2}{c^2}\right)^{-}$$

$$= \left(\frac{h^2+k^2}{a^2} + \frac{l^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

(3) ஆர்த்தோரம்பிக் படிகத்திற்கு (Orthorhombic crystal)

$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha = \beta = r = 90^\circ$$

$$d = \left(\frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c_4} \right)$$

4. எல்லாப் படிகங்களுக்கும் இடைவெளித் தூரம் (Interplaner distance) காணும் பொதுமுறை

பிராஹ் விதியைப் (Bragg's law) பயன்படுத்தி, படிகத் தளங்களுக்கிடையேயுள்ள இடைவெளித் தூரத்தை (Interplaner distance) அதாவது d_{hkl}-ன் மதிப்பைக் காணலாம், படிக அச்சுகளின் நீளங்களும், அவைகளுக்கிடையேயுள்ள கோணங்களும் முறையே a_1, a_2, a_3, α_{12}, α_{23}, α_{31} என இருப்பதாகக் கொள்வோம்.

$$d_{hkl} = f(a_1, a_2\ a_3,\ \alpha_{12},\ \alpha_{23}, \alpha_{31}, h,\ k,\ l)$$

$$\frac{1}{d^2_{hkl}} = \left| H_{hkl} \right| = \left(h\vec{b}_1 + k\vec{b}_2 + l\vec{b}_3 \right) \cdot \left(h\vec{b}_1 + k\vec{b}_2 + l\vec{b}_3 \right)$$

என எழுதலாம்.

$$\frac{1}{d^2_{hkl}} = h^2 \vec{b}^1 \cdot \vec{b} + K^2 \vec{b}_2 \cdot \vec{b}_2 + l^2 \vec{b}_3 \cdot \vec{b}^3 + 2hk \vec{b}_1 \cdot \vec{b}_2 + 2\, kl \vec{b}^1 \cdot \vec{b}_3 + 2\, lh \vec{b}_3 \cdot \vec{b}_1$$

$$\vec{b}_1 = \frac{\vec{a}_2 \times \vec{a}_3}{\vec{a}_1 \cdot \vec{a}_2 \times \vec{a}^3},\quad \vec{b}_2 = \frac{\vec{a}_3 \times \vec{a}_1}{\vec{a}_1 \cdot \vec{a}_2 \times \vec{a}_3},\quad \vec{b}_3 = \frac{\vec{a}_1 \times \vec{a}_2}{\vec{a}_1 \cdot \vec{a}_2 \times \vec{a}_3}$$

என்ற சமன்பாடுகளைப் பயன்படுத்தி, $Va = \vec{a}_1 \times \vec{a}_2 \times \vec{a}^3$ என்பதைப் பிரித்தெடுக்க,

$$\frac{1}{d^2_{hkl}} = \frac{1}{va^2} \left\{ h^2 \left| \vec{a}_2 \times \vec{a}_2 \right|^2 + k_2 \left| \vec{a}_3\ \vec{a}_1 \right|^2 + l^2 \left| \vec{a}_1 \times \vec{a}_2 \right|^2 \right.$$

$$+ 2hk \left(\vec{a_2} \times \vec{a_3}\right) \cdot \left(\vec{a_3} \times \vec{a_2}\right)$$

$$+ 2kl \left(\vec{a_3} \times \vec{a_1}\right) \cdot \left(\vec{a_1} \times \vec{a_2}\right)$$

$$+ 2lh \left(\vec{a^1} + \vec{a_2}\right) \cdot \left(\vec{a_2} \times \vec{a_3}\right) \Big\}$$

வெக்டார் பகுப்பாய்வின் (Vector analysis) சமன்பாடுகளிலிருந்து

$$\left(\vec{a_i} \times \vec{a_j}\right) \cdot \left(\vec{a_j} \times \vec{a_k}\right) = \vec{a_i} \cdot \vec{a_j}\, \vec{a_j} \cdot \vec{a_k} - \vec{a_i} \cdot \vec{a_k}\, \vec{a_j}^2$$

$$= a_i\, a_j^2\, a_k\, (\cos \alpha_{ij} \ \cos \alpha_{jk} - \cos \alpha_{ik})$$

$$\left| \vec{a_i} \times \vec{a_j} \right|^2 = a_i^2\, a_j^2\, sin^2 \alpha_{ij}$$

இந்தத் தொடர்புகளைப் பயன்டுத்தி $a_1^2\, a_2^2\, a_3^2$ - ஐ பிரித்தெடுக்க

$$\frac{1}{d^2_{hkl}} = \frac{a_1^2\, a_2^2\, a_2^2}{Va^2} \left\{ \frac{h^2 \sin^2 \alpha_{23}}{a_1^2} + \frac{k^2 \sin^2 \alpha_{31}}{a_2^2} + l^2 \sin^2 \alpha_2^2 \right.$$

$$+ 2hk/a_1\, a_7\, (\cos_{23} \cos \alpha_{31} - \cos \alpha_{12}$$

$$+ 2\, kl/a_2\, a_3\, (\cos \alpha_{31} \cos \alpha_{12} - \cos \alpha_{23})$$

$$+ 2\, lh/a_3\, a_1\, (\cos \alpha_{12} \cos \alpha_{23} - \cos \alpha_{31}) \qquad \ldots \text{(A)}$$

மும்மை ஸ்கேலார் பெருக்கலின் (Triple scaler product) இருமடியை (Square) டிட்டர்மினன்ட் (Determinant) வடிவத்தில் எளிய ஸ்கேலார் பெருக்கல்களாக எடுத்துக் காட்டலாம். அதாவது,

$$Va^2 = \left(\vec{a_1} \cdot \vec{a_2} \times \vec{a_3}\right)^2 = \begin{vmatrix} \vec{a_1}\cdot\vec{a_1} & \vec{a_1}\cdot\vec{a_2} & \vec{a_1}\cdot\vec{a_2} \\ \vec{a_2}\cdot\vec{a_1} & \vec{a_2}\cdot\vec{a_1} & \vec{a_2}\cdot\vec{a_3} \\ \vec{a_3}\,\vec{a_1} & \vec{a_3}\,\vec{a_2} & \vec{a_3}\,\vec{a_3} \end{vmatrix}$$

$$Va^2 = a_1^2\, a_2^2 a_3^2\, (1 + 2\, cos\alpha_{22}\, cos\alpha_{23}\, cos\alpha_{31}) \qquad \ldots \text{(B)}$$
$$- cos^2\alpha_{12} - cos^2\alpha_{23} - cos^2\alpha_{31}$$

படிக இயலுக்கான வழக்கமான குறியீடுகளோடு தொடர்புண்டாக்க,

$$a_1 = a, \qquad \alpha_{31} = \alpha$$

$$a_2 = b, \qquad \alpha_{31} = \beta$$

$$a_3 = c, \qquad \alpha_{12} = r$$

எனக் கொள்ளப்படுகின்றன.

சமன்பாடுகள் (A)யையும்,(B)யையும் சேர்த்து,மாற்றிப் படிக இயலுக்கொத்த குறியீடுகளுக்கு மாற்றி எழுத,

$$\frac{1}{d^2_{hkl}} = \frac{1}{(1+2\ \cos\alpha\ \cos\beta\ \cos r - \cos^2\alpha - \cos^2\beta - \cos^2 r)} \left\{ \frac{h^2\sin^2\alpha}{a^2} \right.$$

$$+ \frac{k^2\sin^2\beta}{b^2} + \frac{l^2\sin^2 r}{c^2} \times \frac{2hk}{ab} (\cos\alpha \cos\beta - \cos r)$$

$$\left. + \frac{2kl}{bc} (\cos\beta \cos r - \cos\alpha) + \frac{2lh}{ca} (\cos r \cos\alpha - \cos\beta \right\} \quad \text{(C)}$$

சமன்பாடு (c) என்பது பொதுவான ட்ரைக்கிளினிக் படிகத்திற்கான இடைவெளித் தூரத்தைக் கணக்கிடும் சமன்பாடாகும். இந்தச் சமன்பாட்டை மற்ற படிக ஒழுங்கு முறைகளுக்கும் (Crystal systems) எளிய முறையில் மாற்றிப் பயன்படுத்தலாம்.

(1) ராம்போ ஹெட்ரால் (Rhombohedral)

$$a = b = c$$

$$\alpha = \beta = r$$

$$\therefore \frac{1}{d^2_{hkl}} = \frac{(h^2 + k^2 + r^2)\sin^2\alpha + 2(hk + kl + lh)(\cos^2\alpha - \cos\alpha)}{a^2(1 + 2\cos^3\alpha - 3\cos^3\alpha)}$$

(2) அறுங்கோண வடிவம் (Hexogonal)

$$a = b \neq c$$

$$\alpha = \beta = 90^\circ$$

$$r = 120^\circ$$

$$\frac{1}{d^2_{hkl}} = \frac{4}{3}\left(\frac{h^2 + hk + k^2}{2^2}\right) + \frac{l_2}{c^2}$$

(3) மோனோக்கிளினிக் (Monoclinic)

$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha = r = 90 \neq \beta$$

$$\frac{1}{d^2_{hkl}} = \frac{1}{\sin^2\beta}\left(\frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2 \sin^2 \beta}{b^2} + \frac{l^2}{c^2} - \frac{2hl \cos \beta}{ac}\right.$$

(4) ஆர்த்தோராம்பிக் (Orthorhombic)

$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha = \beta - r = 90°$$

$$\frac{1}{d^2_{hkl}} + \frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{e^2}$$

(5) கனநீள் சதுரம் (Terragonal)

$$a = b \neq c$$

$$r = \beta = r = 90°$$

$$\frac{1}{d^2_{hkl}} = \frac{h^2 + k^2}{a^2} = \frac{l^2}{c^2}$$

(6) கன சதுரம் (cubic)

$$a = b = c$$

$$\alpha = \beta = r = 90°$$

$$\frac{1}{d^2_{hkl}} = \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2}$$

4. ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸின் விளக்கம்

1. ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸ் அமைத்தல் :

படிகத் தளங்களின் இரண்டு முதன்மையான தன்மைகளை எடுத்துக்காட்டுவதற்கு 'ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸ்' என்ற உருவாக்கம் (Concept) தோற்றுவிக்கப்பட்டது. அவ்விரண்டு முதன்மையான தன்மைகளில் ஒன்று, தளங்களின் சரிவுகள் (Slopes), மற்றொன்று தளங்களுக்கு இடையேயுள்ள இடைவெளிகள் (Spacings).

ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸ் அமைப்பதற்கு, ஏதாவது ஒரு புள்ளியைத் தொடக்கப்புள்ளியாக எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது.

1. இந்தப் புள்ளியிலிருந்து நேரடி லேட்டீஸிலுள்ள ஒவ்வொரு வகையான தளங்களுக்கும் செங்குத்துக் கோடுகள் வரையப்படுகின்றன.
2. ஒவ்வொரு வகை தளங்களுக்கு வரையப்படும் செங்குத்துக்கோட்டின் நீளம் அந்தக் குறிப்பிட்ட தளங்களின் இடைவெளியின் தலைகீழ் பின்னத்தின் அளவிற்குச் சமமாக இருக்கும்படி செய்யப்படுகிறது.
3. ஒவ்வொரு செங்குத்துக்கோட்டின் முடிவிலும் ஒரு புள்ளி வைக்கப்படுகிறது.

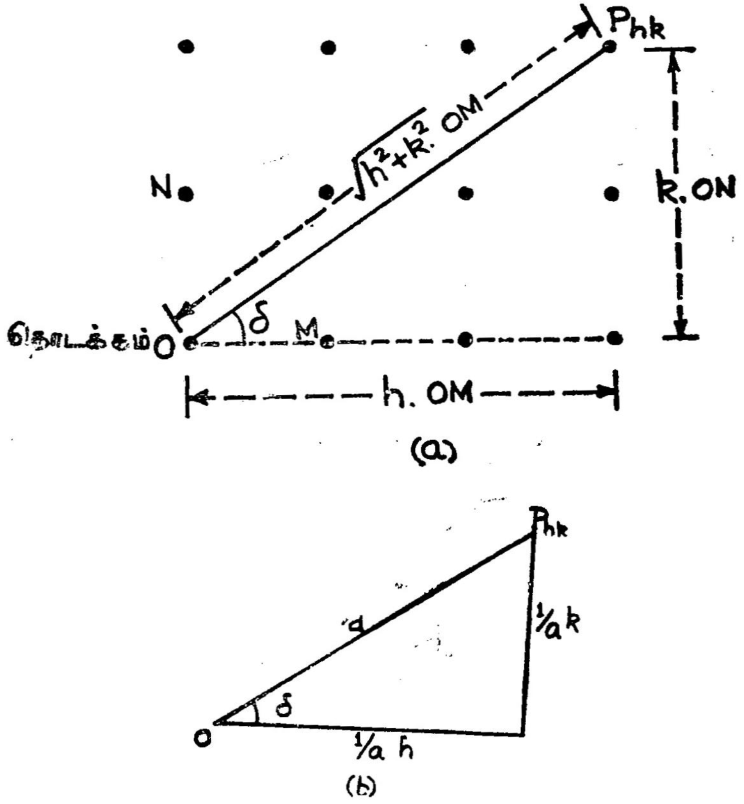
இவ்வாறு வைக்கப்பட்ட புள்ளிகளின் தொகுதி (Assembly) கீழ்க்கண்ட அட்டவணைகளைக் காட்டுகிறது.

1. நேர் லேட்டீஸ் தளங்களுக்கான எல்லாச் செங்குத்துக் கோடுகள்.
2. இவ்வகையான தளங்களுக்கு இடையேயுள்ள இடைவெளிகள்.

இந்த வகையான புள்ளித் தொகுப்பைக் கவனித்தால், அது எந்த ஒரு வகையான தளங்களின் சரிவுகள், தள இடைவெளிகளைக் கொடுத்துதவுகிறது. இந்தத் தன்மையில் புள்ளிகள்

வைத்து, அமைக்கப்பட்ட புள்ளிகளின் தொகுப்பை 'ரெசிப் புரோக்கல் லேட்டீஸ்' என்று அழைக்கிறோம். இத் தொகுப்பு ஒரு புதிய லேட்டீஸ் வரிசையைக் கொடுக்கிறது.

இப்பொழுது லேட்டீஸ் மாறிலி 'a'-ஐ உடைய ஒரு இரு பரிமாண சதுர லேட்டீஸ் அமைப்பதற்கான ஒரு எளிய ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸ் அமைப்பைக் காணலாம். கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள படங்களில் ஏதாவது ஒரு புள்ளி O-வைத் தொடக்கப் புள்ளியாக எடுத்துக்கொண்டு மேலே கொடுத்துள்ள விதிகளைப் பின்பற்றி ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸ் அமைப்பைக் கவனிப்போம். உதாரணமாக $(1, 0)$ தளங்கள் 'a'-ஐ இடைவெளியாகக் கொண்டுள்ளது.



படம் 4 1-1 படம் 4 1-2
இரு பரிமாண சதுர லேட்டீஸிற்கான ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸ் அமைப்பதைக் காட்டும் படங்கள்

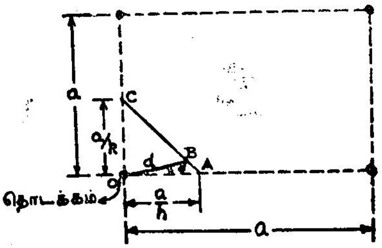
அவைகளின் செங்குத்துக்கோடு கிடக்கையாக (Horizontal) உள்ளது. (1, 0) தளத்தைக் காட்டும் புள்ளியை M-என்ற புள்ளியில் காட்டப்பட்டிருப்பதைக் காணமுடிகிறது. M-என்ற புள்ளி O-விற்கு வலப்புறத்தில் $\frac{\text{'1'}}{a}$ தூரத்தில் உள்ளது.

(2, 0) தளங்களைக் காட்டும் புள்ளியை O-விற்கு வலப்புறத்தில் $\frac{\text{'2'}}{a}$ தூரத்தில் $2(OM)$-ல் காட்டப்பட்டிருப்பதைக்காணலாம். ஏனெனில், இத் தளங்களின் இடைவெளி $\frac{\text{'a'}}{2}$ என்பதாகும். இதேபோன்று (0,1), (0,2) தளங்களை எடுத்துக்காட்டும் புள்ளிகளை O-க்கு மேலே உள்ள ON, $2(ON)$களில் காணலாம். இவைகளின் இடைவெளிகள் $\frac{\text{'1'}}{a}$, $\frac{\text{'2'}}{a}$ என இருக்கின்றன. ON, $2\,ON$ இவைகளுக்குத் தொடர்பான புள்ளிகளைப் படத்தில் பார்க்கலாம்.

இப்பொழுது (h,k) மில்லர் குறியீட்டெண்களைக் கொண்ட ஒரு பொதுவான தளத்தைக் (இரு பரிமாணத்தில் இது ஒரு கோடாகும்) கவனிப்போம். (1) (h,k) கோட்டிற்கு (தளத்திற்கு) உள்ள செங்குத்துக்கோட்டையும், (2) தளங்களுக்கிடையேயுள்ள இடைவெளி d-ஐயும் நாம் கண்டுபிடிக்க வேண்டும். தள இடைவெளியைக் கீழ்க்காணும் படம் (இ)-யிலிருந்து

$$\frac{OB}{OA} = \frac{CO}{CA}$$

அல்லது $$\frac{d}{a/h} = \frac{a/k}{a\sqrt{1/h^2 = 1/k^2}}$$



படம் 4 1-3

தள இடைவெளியைக் காணப் பயன்படும் படம்

$$\text{ஆகையினால் } d = \frac{a/k \cdot a/h}{\frac{a}{hk}\sqrt{h^2 = k^2}}$$

$$= \frac{a}{\sqrt{h^2 = k^2}}$$

மேலும் இதனுடைய திசையை,

$$\tan \delta = \frac{a/h}{a/k}$$

இப்பொழுது நம்முடைய விதிகளின்படி, ஒவ்வொரு முடியுமான (h,k) கோட்டிற்கும் $\sigma = 1/d$ என்ற நீளத்தில் குறிப்பிட்டு ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸ் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒவ்வொரு நீளமும் அதனுடைய கோட்டிற்கு (தளத்திற்கு)ச் செங்குத்தாக இருக்கவேண்டும் அல்லது d-க்கு இணையாக இருக்கவேண்டும். $(3,2)$ என்ற கோட்டிற்கு (தளத்திற்கு)ப் படங்கள் (அ), (ஆ) ஆகியவற்றிலிருந்து கணக்கிட்டால்,

$$\sigma = \frac{1}{d} = \frac{\sqrt{h^2 = k^2}}{a}$$

$$= \frac{1}{a}\sqrt{13}$$

$$\tan \delta = \frac{a/3}{a/2}$$

$$= \frac{2}{3}$$

ஆகையினால் $(3/a,\ 2/a)$ என்ற புள்ளி கிடைக்கிறது. இந்தப் புள்ளி $(3,2)$ என்ற கோட்டை (தளத்தை)ப் பற்றி விளக்குகிறது. இது தள இடைவெளியைத் தொடக்கப்புள்ளியிலிருந்து அதனுடைய தூரத்தின் அளவாலும், கோட்டின் (தளத்தின்) சரிவை தொடக்கப் புள்ளியிலிருந்து அதனுடைய திசையிலும் வரையறுத்துக் காட்டுகிறது,

இப்பொழுது நேர் லேட்டீஸிலுள்ள எல்லா (h, k) கோடுகளுக்கும் (தளத்திற்கும்) தொடர்பான புள்ளிகளைக் குறித்துக் காட்டுவோம். $k = o$ என்று உள்ள எல்லாக் கோடுகளும் (தளங்

களும்) அதாவது (h,o) கோடுகள் எல்லாம் இணையான செங்குத்துக் கோடுகளாக (தளங்களாக) இருக்கின்றன. ஆகையினால், d தொடக்கப் புள்ளியிலிருந்து கிடக்கையாகவும், a/h-க்குச் சமமாகவும் இருக்கிறது.

$$\text{ஆகையினால் } \sigma = \frac{1}{d}$$

$$= \frac{h}{a}$$

இவைகள் ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டிஸின் x-அச்சில் உள்ள புள்ளிகளாகத் தோற்றம் அளிக்கின்றன. இதே மாதிரியாக $h=o$ என்று இருக்கின்றபோது, செங்குத்துத் திசையில் இணையான கிடக்கைக் கோடுகளைப் பெறுகின்றோம். ஆகையினால் d செங்குத்தாக உள்ளது. $d, \frac{a}{k}$-க்குச் சமமாக உள்ளது.

$$\text{அதாவது } \sigma = \frac{1}{d}$$

$$= \frac{k}{a}$$

இவைகள் ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டிஸின் y-அச்சில் உள்ள புள்ளிகளாகத் தோன்றுகின்றன. (h,k) என்ற ஒரு பொதுக் கோடு (தளம்) கிடக்கையோடு (Horizontal) δ-கோணத்தை உண்டாக்கும் செங்குத்துக் கோட்டையுடையதாக இருக்கும்.

$$\tan \delta = \frac{a/h}{a/k}$$

$$\text{மேலும், } d = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2}}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{a}h\right)^2 + \left(\frac{1}{a}k\right)^2}}$$

$$\text{ஆகையினால் } \sigma = \sqrt{\left(\frac{1}{a}h\right)^2 + \left(\frac{1}{a}k\right)^2}$$

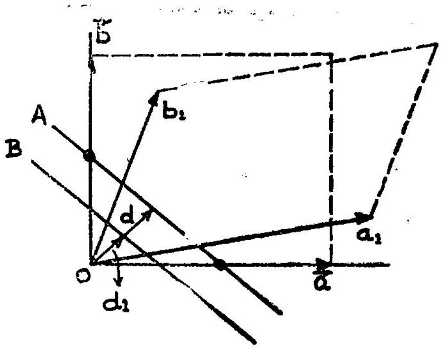
இது ஒரு பித்தகோரியன் தேற்றக் (Pythagorean theorem) குறிப்பிடுதல் ஆகும். P_{hk}-என்ற புள்ளியின் அச்சுக் குறியீடுகள் (Co-ordinates), $\left(\frac{1}{a}\right)_h, \left(\frac{1}{a}\right)_k$ என்பதாகும். h-யும், k-யும் எண்களாக இருப்பதினுல் hk எல்லாப் புள்ளிகளும் படம் (ஆ-வில்) காட்டியிருப்பது போன்று $\frac{'1'}{a}$ நீளமுடைய ஒரு சதுர அச்சுக்குறியீட்டு ஒழுங்கு முறையின் குறுக்கு வெட்டிகளில் இருக்கும். ஆகையினுல் ரெசிப்புரோக்கல் ஒழுங்குமுறை (Reciprocal system) என்பது ஒரு தனி ஓரலகு செல்லிலுள்ள எல்லா முடியுமான கோடுகளிலிருந்தும் (தளங்களிலிருந்தும்) உருவாக்கப்பட்ட ஒரு முடிவில்லாத லேட்டீஸ் வரிசையாகும். அதாவது நேர்லேட்டீஸி லுள்ள ஓர் ஓரலகு செல்லின் படம் ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸின் முழு இடைவெளியையும் எடுத்துக்காட்டுகிறது. அதன் காரணமாக, இதை 'ரெசிப்புரோக்கல்' என்று அழைக்கின்றோம். ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸிலுள்ள ஒவ்வொரு புள்ளியும் நேர் லேட்டீஸில் ஒரு குறிப்பிட்ட இடைவெளியுள்ள ஒரு கோட்டை (தளத்தை) அல்லது இன்னும் தெளிவாகக் கோடுகளின் (தளங் களின்) தொகுப்பைக் காட்டுகின்றது.

2. ரெசிப்புரோக்கல், நேர் லேட்டீஸ்களுக்குள்ள தொடர்பு

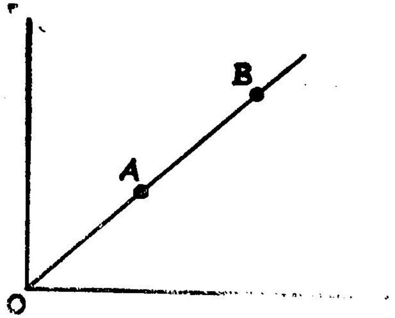
நேர் லேட்டீஸ் கட்டமைப்புடன் ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸ் எவ்வாறு தொடர்பு உண்டாக்கப்படுகின்றன என்பதைக் காண்போம். தளங்கள் அப்படியே முழுவதும் இடைவெளியில் தளங்களாக மட்டும் இருப்பதில்லை. இடைவெளியில் ஏதாவது சில தொடக்கங்களுடன் ஒரு தளத்தைக் குறிப்பிட முடியும். ஆனுலும், ஒரு முறை இவ்வாறு செய்யப்பட்டு விட்டால், மில்லர் குறியீட்டெண்களால் குறிப்பிடப்படும் லேட்டீஸ் ஒரு தளத் தொகுப்பிலுள்ள நபர்களுக்கிடையேயுள்ள தள இடைவெளி தீர்மானிக்கப்பட்டுவிடப்படுகிறது. ஆகையினுல், ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸ் புள்ளி அமைப்பு, அது குறிப்பிடும் தளம் முதலியவைகள் நேர் லேட்டீஸினுல் தீர்மானிக்கப்படுகிறது.

உதாரணமாகப் படம் 1-ல் காட்டப்பட்டிருப்பது போன்று உள்ள தளம் A-யைக் கவனிப்போம். சதுர லேட்டீஸில் இது (2, 2) தளமாகும். இது படிக அச்சுகளை $(a/2b/2)$ என்று வெட்டிக் கொண்டு $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ எனக் காட்டுகிறது, இந்தத் தொகுப்பான தளங்களின் ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸ் புள்ளி படம் (2)-ல் காட்டப்பட்டுள்ள ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸில் A $(2/a, 2/a)$-ல்

காட்டப்பட்டுள்ளது. இப்பொழுது இந்தத் தளத்தைக் குறித்துக் காட்டும் இந்தக் குறிப்பிட்ட புள்ளி, ரெசிப்புரோக்கல் இடைவெளியில் நேர் லேட்டீஸின் தன்மையைச் சார்ந்து இருக்கவில்லை. அதாவது படிக அச்சுகளின் நீளங்கள், தொடக்கம் ஆகியவைகளைச்



படம் 4 2·1



படம் 4 2·2

ஒரு தளத்தைக் குறிக்கும்போது அதனுடைய நேர் லேட்டீஸ் ரெசிப்புரோக்கல் புள்ளியை எவ்வாறு சார்ந்துள்ளது என்பதைக் காட்டும் விளக்கம்

சார்ந்து இருக்கவில்லை. ஏனெனில், தொடக்கத்திலிருந்து அதனுடைய திசையும், தூரமும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. ஆனால், a, b, அச்சுகளையும், தொடக்கம் O-என்ற புள்ளியிலேயே இருக்கும் மற்றொரு சாய்வான (Oblique) லேட்டீஸைக் கவனிப்போமானால், இந்தச் சாய்வான ஓரலகு செல்லில் A என்ற தளம் படிக அச்சுகளில் ஏற்படுத்தும் குறுக்கீடுகள் (Intercepts) a_1/h, b_1/k என்பனவென்று குறிப்பிட முடியாது, ஏனெனில் h, k இவைகள் முழு எண்களாக இருக்க முடியாது. ஆகையினால் A-

என்ற தளம் இந்த ஒரலகு செல்லின் பொருத்தமான நபராக இருக்க முடியாது. இதனுடைய பொருத்தமான நபராக B-என்ற தளம் இருக்க முடியும். இது (13, 10) தளமாக இருந்து, அச்சுகளை $a^1/13, b_1/10$ என்று வெட்டிக் கொண்டு ரெசிப் புரோக்கல் இடைவெளியில் B என்ற புள்ளியில் ரேசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸின் புள்ளியை ஏற்படுத்திக் கொள்கிறது. இதனுடைய திசை மாறுமல் ஒரே திசையிலுள்ளது. ஆகையினல் நாம் ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸின் தொடக்கத்திற்குச் சென்று ஏதாவதொரு திசையில், ஏதாவதொரு நீளத்தை எடுத்துக் கொண்டு, ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸ் அமைப்பதற்கான விதி களின்படி இந்தப் புள்ளி நேர் லேட்டீஸில் ஒரு தளத் தொகுப்பைக் காட்டுகிறதென்று சொல்ல முடியாது.

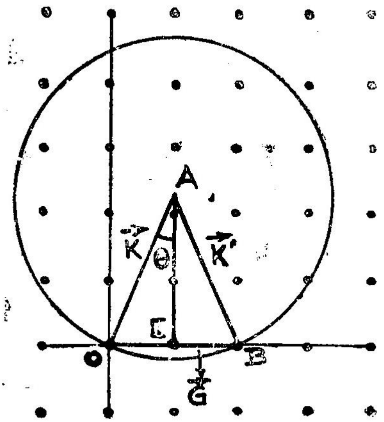
இப்பொழுது பார்த்த சதுர லேட்டீஸ் தளமான இரு பரிமாணத்திலிருந்து, ஒரு எளிய கன சதுர லேட்டீஸான முப் பரிமாணத்திற்கும் விரிவாக்கப்படலாமென்பது தெரிகிறது. ஒரு எளிய கன சதுரச் செல்லின் ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸ் என்பது $\frac{1}{a}$ லேட்டீஸ் மாறிலியையுடைய மற்ருெரு எளிய கன சதுர மாகும். பொருள் மைய கனசதுர (B. C. C), பக்க மைய கன சதுர (f. c. c) லேட்டீஸ்கள் மிகவும் சிக்கலான நிலைகளையுடைய வைகளாகும். ஏனெனில், அவைகளினுடைய பிரிமிட்டிவ் (Primitive) செல்கள் (cells) கன சதுரமானவைகளல்ல. ஒரு பக்க மைய கன சதுர லேட்டீஸின் ரெசிப்புரோக்கல் ஒரு பொருள் மைய கன சதுரமாகும். இதே போன்று ஒரு பொருள் மைய கன சதுர லேட்டீஸின் ரெசிப்புரோக்கல் ஒரு பக்க மைய கன சதுரமாகும்.

3. ரெசிப்புரோக்கல் வெக்டாரின் உதவியால் பிரேக்கின் விதியை வெக்டார் வடிவில் எழுதல்

ஈவால்டு கோள அமைப்பின் மூலம், பிரேக்கின் விதியை ஒரு வெக்டார் வடிவில் எழுதலாம். படத்தில், $OB = \vec{G}$ என்றும் $AO = \vec{K}$ என்றும் இருப்பதாகக் கொள்வோம். விளிம்பு விளைவாவதற்கு $\vec{K} = \vec{G}$ என்ற வெக்டார், அதாவது வெக்டார் $\vec{AB}$, அளவில் $\vec{K}$ என்ற வெக்டாருக்குச் சமமாக இருக்கவேண்டும். அல்லது,

$$\left(\vec{K} = \vec{G}\right)^2 = \vec{K}^2$$

அதாவது $2\,\vec{K}.\vec{G} + \vec{G}^2 = O$



படம் 3-1
ஈவால்டு கோள அமைப்பு

சிதறும் வெக்டாரை $\vec{K^1}$ எனக் கொண்டால்

$$\vec{K^1} = \vec{K} + \vec{G} \qquad \text{... (அ)}$$

ஆகையினால்,

$$\vec{K^{12}} = \vec{K^2} \qquad \text{... (ஆ)}$$

என்று எழுத முடியும்.

மேலும் $\vec{K^1} - \vec{K} = \vec{G}$. இது (1) சிதறுதல் $\vec{K}$-ன் திசையை மட்டும் மாற்றுகிறது ; (2) சிதறப்படும் அலை, படும் அலையிலிருந்து ஒரு ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டிஸ் வெக்டார் $\vec{G}$ அளவிற்கு மாறுபடுகிறது என்பனவற்றைக் காட்டுகிறது. x-கதிர் கற்றையின் அலை நீளமும், படும் திசையும் நமக்குத்

தெரியும். AO என்ற வெக்டாரை $\frac{1}{\lambda}$ க்குச் சமமாகவும், படும் திசையிலேயே வரைந்து தொடக்கத்தில் (origin) முடியுமாறும் வரைய வேண்டும். A-ஐ மையமாகவும் $\frac{1}{\lambda}$ -ஐ ஆரமாகவும் கொண்டு ஒரு வட்டம் வரைய வேண்டும். இந்த வட்டம் ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸிலுள்ள ஏதாவதொரு புள்ளி வழியாகப் போகிறதா என்று பார்த்து, அவ்வாறு சென்றால் படத்தில் காட்டியது போல் AB-ஐ வரையவும்.

இப்பொழுது கீழ்க்காணும் விளக்கங்கள் கிடைக்கின்றன.

1, OB, ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸிலுள்ள ஒரு புள்ளியில் முடிவடைவதால், அது ஒரு லேட்டீஸ் தளத் தொகுப்பிற்குச் செங்குத்தாக இருக்கும். அத்தோடு அது $\frac{1}{d}$, தளங்களின் இடைவெளிக்குச் சமமாக இருக்கும். வரையறுப்பின்படி $OB = 1/d$

2. $AO = \frac{1}{\lambda}$ என்பதால், $OE = \frac{1}{\lambda} \sin \theta$; மேலும்

$$OB = \frac{2}{\lambda} \sin \theta$$

3. OB என்பது ஒரு லேட்டீஸ் தளத்திற்குச் செங்குத்தானதால், AE என்பது லேட்டீஸ் தளத்தைக் குறிக்கும். θ என்பது படும் அலைக்கும் (AO), லேட்டீஸ் தளத்திற்கும் இடையிலுள்ள கோணமாகும்,

4. $\frac{1}{d} = \frac{2}{\lambda} \sin \theta$ என்பதால்,

$$\lambda = 2\, d \sin \theta.$$

என்ற பிரேக்கின் விதி கிடைக்கப் பெறுகிறது.

மிகவும் அனுகூலமான முறையில், ஒரு ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸ் வெக்டாரின் 2π தடவைகளுக்கு G சமமாகவுள்ளது என்றும், $K = \frac{1}{\lambda}$ என்று எடுத்துக் கொள்வதற்குப் பதிலாக $K = \frac{2\pi}{\lambda}$ என்று எடுத்துக் கொண்டால் $\vec{K}$ என்பது வழக்கமான அலை வெக்டாரைக் குறிப்பிடும். சமன்பாடுகள் (அ), (ஆ)

என்பவைகள் முறையே x - கதிர் விளிம்பு விளைவுக்கான உந்தும் ஆற்றல் அழிவில்லா விதிகளை விளக்கி நெகிழ்ச்சிச் சிதறலுக்கான உதாரணமாக இருக்கின்றன என்பதை அறியலாம்.

4. ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸின் தன்மைகள்

சிதறும் வெக்டார் $\overrightarrow{\triangle K} = h\overrightarrow{A} + \overrightarrow{KB} + \overrightarrow{lc}$ ... (1)

என்பதில் h, k, 1 என்பவைகள் முழு எண்கள், $\overrightarrow{A}$, $\overrightarrow{B}$, $\overrightarrow{C}$ என்ற வெக்டார்களின் மதிப்பைக் காண வேண்டும்.

லாவேயின் விளிம்பு விளைவு பெரும் அளவிற்கான விதிகளாகிய

$$\overrightarrow{a}\cdot\overrightarrow{\triangle k} = 2\pi k\ ; \quad \overrightarrow{b}\cdot\overrightarrow{\triangle k} = 2\pi k\ ; \quad \overrightarrow{c}\cdot\overrightarrow{\triangle k} = 2\pi l$$

என்பவைகளுக்குச் சமன்பாடு (1) ஒரு தீர்வாக இருக்க வேண்டுமானால் அது கீழ்க்காணும் தொடர்களுக்கு ஒத்ததாக இருக்க வேண்டும்.

$$\overrightarrow{A}\cdot\overrightarrow{a} = 2\pi\ ; \quad \overrightarrow{B}\cdot\overrightarrow{a} = O, \quad \overrightarrow{C}\cdot\overrightarrow{a}\cdot = O$$

$$\overrightarrow{A}\cdot\overrightarrow{b} = O, \quad \overrightarrow{B}\cdot\overrightarrow{b} = 2\pi, \quad \overrightarrow{C}\cdot\overrightarrow{b} = O \quad \ldots \quad (2)$$

$$\overrightarrow{A}\cdot\overrightarrow{c} = O, \quad \overrightarrow{B}\cdot\overrightarrow{c} = O, \quad \overrightarrow{C}\cdot\overrightarrow{c} = 2\pi$$

சமன்பாடு (2)-ன் முதல் வரிசையிலும், அதைத் தொடரும் பத்தியிலிருந்து $\overrightarrow{A}$ என்பது $\overrightarrow{b}$-க்கும், $\overrightarrow{c}$-க்கும் செங்குத்தாக உள்ளது என்பது தெரிகிறது. $\overrightarrow{b}$-க்கும், $\overrightarrow{c}$-க்கும் செங்குத்தான ஒரு வெக்டார், வெக்டார் பெருக்கமாகிய $\overrightarrow{b} \times \overrightarrow{c}$ என்பதாகும்.

இதைப் பயன்படுத்தி $\overrightarrow{A\cdot a} = 2\pi$ என்ற சமன்பாடு சரியாக்கப்பட கீழ்க்கண்டவாறு எழுதப்படுகிறது.

$$\overrightarrow{A} = 2\pi \frac{\overrightarrow{b}\times\overrightarrow{c}}{\overrightarrow{a}\cdot\overrightarrow{b}\times\overrightarrow{c}}\ ; \quad \overrightarrow{B} = 2\pi \frac{\overrightarrow{c}\times\overrightarrow{a}}{\overrightarrow{a}\cdot\overrightarrow{b}\times\overrightarrow{c}}\ ; \quad \overrightarrow{C} = 2\pi \frac{\overrightarrow{a}\times\overrightarrow{b}}{\overrightarrow{a}\cdot\overrightarrow{b}\times\overrightarrow{c}} \quad (3)$$

இவைகள் ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டிஸின் அடிப்படையான வெக்டார்கள் ஆகும். இவைகள் நேர்குத்தாக இருக்க வேண்டுமானால், $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$ களும் நேர்குத்தாக இருக்கவேண்டும். சமன்பாடுகள் (3)-ல் எல்லாப் பகுதிகளும் $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$ என்றே எழுதப் பட்டுள்ளன. ஏனெனில் வெக்டார் விதிகளின்படி,

$$\vec{b}\cdot\vec{c}\times\vec{a} = \vec{c}\cdot\vec{a}\times\vec{b} = \vec{a}\cdot\vec{b}\times\vec{c}$$ என்பதாகும்.

5. எளிய கனசதுர லேட்டிஸுக்கான ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டிஸ் :

ஒரு எளிய கனசதுர லேட்டிஸுக்கான பிரிமிட்டிவ் மாற்ற வெக்டார்களை,

$$\vec{a} = a\vec{x} \qquad \vec{b} = b\vec{y} \qquad \vec{c} = c\vec{z} \qquad \ldots (1)$$

என எழுதலாம்.

செல்லினுடைய கன அளவு $= \vec{a}\cdot\vec{b}\times\vec{c} = a^3$.

$$\vec{A} = 2\pi\,\frac{\vec{b}\times\vec{c}}{\vec{a}\cdot\vec{b} = \vec{c}} = \frac{2\pi}{a}\vec{x}$$

இதே போன்று $\vec{B} = \dfrac{2\pi}{a}\vec{y}$

$$\vec{C} = \frac{2\pi}{a}\vec{z} \qquad \ldots (2)$$

ஆகையினால் ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டிஸ்கள் ஒரு எளிய கன சதுர லேட்டிஸ்களாகவே உள்ளன. ஆனால், லேட்டிஸ் மாறிலி $2\pi/a$ என்பதாகும்.

6. பொருள் மைய கன சதுர லேட்டிஸுக்கான ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டிஸ்.

ஒரு பொருள் மைய கனசதுர லேட்டிஸைச் சேர்ந்த பிரிமிட்டிவ் மாற்ற வெக்டார்களைக் கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்.

$$\left.\begin{aligned}\vec{a^1} &= \tfrac{1}{2}a\left(\vec{x} + \vec{y} - \vec{z}\right)\\ \vec{b^1} &= \tfrac{1}{2}a\left(-\vec{x} = \vec{y} = \vec{z}\right)\\ \vec{c^1} &= \tfrac{1}{2}a\left(\vec{x} - \vec{y} = \vec{z}\right)\end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (1)$$

இதில் a என்பது ஓர் ஓரலகு கன சதுரத்தின் பக்கம், $\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}$ என்பன நேர்குத்தான ஓரலகு வெக்டார்கள். இவைகள் கனசதுரத்தின் விளிம்புகளுக்கு இணையாக உள்ளன. பிரிமிட்டிவ் செல்லின் கன அளவை,

$$V = \left|\vec{a^1}, \vec{b^1} \times \vec{c^1}\right| = \tfrac{1}{2}a^3 \quad \ldots \quad (2)$$

ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸ் வெக்டார்களாகிய $\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}$, இவைகளை,

$$\vec{A} = \frac{2\pi}{a}\left(\vec{x} + \vec{y}\right); \vec{B} = \frac{2\pi}{a}\left(\vec{y} = \vec{z}\right). \vec{C} = \frac{2\pi}{a}\left(\vec{z} = \vec{x}\right)$$

என்று பெறலாம், ஒரு பக்க மைய கனசதுர லேட்டீஸின் பிரிமிட்டிவ் வெக்டார்களோடு ஒப்பிடுவோமானால், இவைகள் அவைகளோடு சமமாக ஒத்திருக்கும். ஆகையினால் ஒரு பக்க மைய கனசதுர லேட்டீஸ்கள் ஒரு பொருள் மைய கனசதுர லேட்டீஸ்களின் ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸ்களுக்குச் சமம் என்பது தெரியும். இதேபோன்று ஒரு பொருள் மைய கனசதுர லேட்டீஸ்கள் ஒரு பக்க மைய கன சதுர லேட்டீஸ்களின் ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸ்களுக்குச் சமம் எனக் காட்டலாம்.

5. விளிர்பு விளைவு ஏற்படுத்தலும் அதன் பகுப்பாய்வும்

(The formation and analysis of diffraction patterns)

1. விளிப்பு விளைவு சமன்பாடு :

ஒரு படிகத்திலிருந்து ஏற்படும் விளிம்பு விளைவு அமைப்பு சிதறல் கோணத்தைச் சார்ந்து சிதறும் செறிவு மாறுகிறது என்பதை அடிப்படையாகக் காட்டுகின்றது. இணையாகவுள்ள எல்லாக் கதிர்களையும் (rays) பொருளருகு வில்லை (objective lens) வெகு தொலைவிலுள்ள அல்லது அனந்தத்திலுள்ள (infinite) ஒரு புள்ளியில் குவியும்படிச் செய்வதால் பின் குவிய தளத்தில் ஏற்படுத்தப்படும் இப்புள்ளியில் (Point in the back focal plane) அடங்கியுள்ள விவரங்களெல்லாம் அல்லது குறிப்புகளெல்லாம் (Imformations), வரையறுப்பின்படி, ஒரு விளிம்பு விளைவு அமைப்பு (Diffraction pattern) ஆகும். ஒரு படிகத்தின் மீது பட்ட ஒரே நீளமுள்ள ஒற்றை நிற (Monocharomatic) ஒளிக் கற்றை சிதறும் பொழுது விளிம்பு விளைவு அமைப்பு ஏற்படுத்தப் படுகிறது. இதில் ஒரு தொடர்பான, அழுத்தமான விளிம்பு விளைவுக்குட்பட்ட கற்றைகள் (Beams) படிகத்தைவிட்டு ஒரு குறிப்பிட்ட எதிர்பார்க்கப்படும் திசைகளில் செல்கின்றன. படிகத்திற்கும், படுகதிர் கதிர்வீச்சுக்கும் (Incident radiation), இதன் விளைவான விளிம்பு விளைவு அமைப்பிற்கும் உள்ள தொடர்பான பிராக்கின் விதி (Bragg's Law) கீழ்க் கண்டவாறு எழுதப்படுகிறது.

$$n\lambda = 2d \sin \theta$$

இதில் λ என்பது படு கதிரின் அலை நீளம், d என்பது படிக தளங் களுக்கிடையேயுள்ள தூரம் அல்லது இடைவெளி (Spacing), θ என்பது படு கதிருக்கும் தளத்திற்கும் இடையேயுள்ள கோணம், n என்பது ஒரு முழு எண். இந்த விதி சரியாகின்ற பொழுது ஒரு விளிம்பு விளைவுக் கற்றையை படிகம் d இடைவெளித்தூரமுள்ள தளங்களுக்கு (Planes) θ கோணத்தில் உண்டாக்குகிறது. இந்தத் தளங்கள் பிரதிபலிக்கும் (Reflecting) தளங்களாகச் செயல்படு

கின்றன. ஆகையினால் இவைகளைப் பிரதிபலிக்கும் தளங்கள் (Reflecting plane) என்றே பழக்கத்தில் எழுதப்படுகின்றன. ஆனால், உண்மையில் இது பொருத்தமானதாக இல்லை என்பது நன்கு கவனிப்போமானால் தெரிய வரும். விளிம்பு விளைவு அமைப்பு உண்டாக்கப்படும் தன்மைகளைக் கவனித்தால், இது அணுக்கள் (Atoms) ஒளிக்கற்றையைச் சிதறும்படிச் செய்யும் போது ஏற்படும் விளைவே என்பதும், உண்மையில் ஒளிப் பிரதிபலிப்பு ஏற்படுவதில்லை என்பதும் நன்கு தெரியும். இதிலிருந்து பிரதிபலிப்புத் தளங்கள் (Reflecting planes) என்று குறிப்பிடப்படுவது பொருத்தமானதல்ல என்பது தெரிய வருகிறது. இந் நூதன நிகழ்ச்சி (Phenomenon) ஒவ்வொரு தனி அணுவும் (Individual atom) ஒளிக்கற்றையைச் சிதறச் செய்வதால் ஏற்படும் ஒரு விளைவு ஆகும்.

இதற்கு ஒத்த மற்றொரு முறையில் அல்லது வழியில் விளிம்பு விளைவு கதிர் உண்டாக்கப்படுவதற்கான நிபந்தனைகளை (Conditions) வரையறுத்து விளக்குவதற்கு ஈவால்டு கோணம் (Ewald Sphere) வரைவதாகும். இந்த அமைப்பு (Construction) அல்லது வரைதல் குறிப்பாக எலக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவு அமைப்புகளை விளக்கப் பெரும் பயன் அளிக்கிறது, ஈவால்டு கோணம் கீழ்க்கண்டவாறு அமைக்கப்படுகிறது. ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸ் (Reciprocal lattice) தொடக்கப்புள்ளியான (origin) O என்ற புள்ளியின் வழியாக படு கதிரின் திசையில் ஒரு கோடு x என்ற புள்ளிக்கு வரையப்படுகிறது. இதனுடைய நீளம் $\left|\frac{1}{\lambda}\right|$ எனக் கொள்ளப்படுகிறது.

X என்ற புள்ளியிலிருந்து ஆரம் $\frac{1}{\lambda}$ மதிப்பு எடுக்கப் படுகிறது.

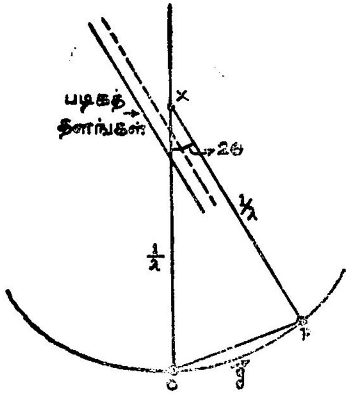
P என்பது ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸிலுள்ள ஒரு புள்ளி.

XP-க்கு இணையாக விளிம்பு விளைவுக் கற்றை உருவாகிறது.

O என்பது ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸின் தொடக்கப் புள்ளி.

OX என்பது எலக்ட்ரான் படு கதிருக்கு இணையான திசை.

இப்பொழுது ஈவால்டு கோணம் என்ற ஒரு கோளம் $\frac{1}{\lambda}$-ஐ ஆரமாகவும், X-ஐ மையமாகவும் வைத்து O என்ற புள்ளியின் வழியாகச் செல்லும்படி வரையப்படுகிறது. வேறு ஏதாவது



படம் 5 1 - 1

ஈவால்டு கோளத்தை அமைக்கும் விதத்தைக் காட்டும் படம். X-என்ற புள்ளியிலிருந்து $\frac{1}{\lambda}$ அளவு ஆரம் உடைய கோளம் வரையப்படுகிறது. P-என்பது ரெசிப்புரோக்கல லேட்டிஸிலுள்ள ஒரு புள்ளி விளிம்பு விளைவுக் கற்றை XP-க்கு இணையாக உள்ளது. O-என்ற புள்ளி ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டிஸின் தொடக்கம் ஆகும். OX-என்ற திசையில் எலக்ட்ரான் கற்றை படுகிறது

மற்ருெரு புள்ளி P இதே கோளத்தில் இருந்தால், அந்தப்புள்ளியை X-உடன் சேர்க்கும் நேர்கோடு XP-க்கு இணையான (parallel) திசையில் விளிம்பு விளைவுக்கற்றை உருவாக்கப்படுகிறது. இந்த ஈவால்டுகோள அமைப்பு (Ewald Sphere Construction) பிரேக்கின் விதியை உள்ளடக்குவதற்கான நிபந்தனைகளை (Conditions) எளிதில் விளக்கும். படிவத்தின் வடிவியல் (Geometry) அமைப்பிலிருந்து,

$$\text{Sin } \theta = (g/2) \Big/ \left(\frac{1}{\lambda} \right) = g \frac{\lambda}{2}$$

பொருத்தமான தளங்களுக்கு, $|g| = |1/d|$ எனக் கொண்டு

$$\sin \theta = \frac{1}{d} \cdot \frac{\lambda}{2}$$

$$2d \sin \theta = \lambda.$$

இந்தச் சமன்பாட்டை பிரேக்கின் விதிக்கு ஒத்த சமன்பாடாகக் கொள்ளவேண்டுமானால், பிரேக்கின் விதியில் வரும் 'n'-ஐ தள இடைவெளித் தூரமாகிய d-ன் மதிப்போடு ஒன்றுக்கப்பட்டு அல்லது ஒன்றிணைக்கப்பட்டு (Incorporating) $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}$ லேட்டீஸ் தளங்களின் (Lattice planes) ஒத்த உண்மையான இடைவெளிகளை 2-வது, 3-வது, 4-வது வரிசை பிரதிபலிப்புகளாகக் (Reflections) கொள்ளப்படவேண்டும்.

2. விளிம்பு விளைவு அமைப்பிலிருந்து கிடைக்கும் குறிப்புகள் :

செலுத்துகை எலக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவு அமைப்புகள் குறைந்தது மூன்று பராமீட்டர்ஸ் (Parameters)களை உடையதாக இருக்கும். இம் மூன்று பராமீட்டர்ஸ்களும் எலக்ட்ரான் நுண் படங்களின் (Electron micrographs) தன்மைகளையும், அத்தோடு தொடர்பான விளக்கங்களையும் எடுத்து விளக்குவதற்கு மிகவும் தேவையாக இருக்கின்றன. இவைகளில் மிகவும் முதன்மையான தாகக் கருதப்படுவது எலக்ட்ரான் கற்றையின் திசை (Beam direction) ஆகும். இதை $\vec{B}$ (வெக்டார் B) எனக் குறிப்பிடப் படுகிறது. ஏனெனில் திசையினுடைய குறியீடு (Sense of directions) எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியியலில் (Electron microscopy) மிகவும் அவசியம் தேவைப்படுகிறது. ஆகையினால் எலக்ட்ரான் கற்றையின் திசைமேல் நோக்கியுள்ளதா என்று அறிய ஒரு சம்பிரதாயம் (Convention) கையாளப்பட வேண்டியது மிகவும் அவசியமாகும். அதன் திசை மேல் நோக்கி இருப்பதாகக் கொண்டால், அது மாதிரியிலிருந்து மேல் நோக்கி வரையப்படும் செங்குத்துக் கோட்டிற்கு (Normal) குறுங்கோணத்தில் (Acute) அதாவது மாதிரிக்கு மேல் நோக்கி வரையப்படும் செங்குத்துக் கோட்டு N எனக் கொண்டால், இதற்குக் குறுங்கோண அளவில் எலக்ட்ரான் திசையிருக்கும். இவ்வாறில்லாவிடில் இதற்கு எதிர் கருத்தாகக் (Opposite sense) கொள்ளப்படும்.

இப் புத்தகத்தின் முழு விளக்கத்திலும் $\vec{B}$ என்பது $\vec{N}$-க்கு குறுங்கோணத்திலிருப்பதாகக் கொள்ளப்படுகிறது. விளிம்பு விளைவு அமைப்பிலிருந்து பெறப்படுகின்ற மற்ற இரண்டு பராமீட்டர்ஸ் (Parameters) :-

(1) விளிம்பு விளைவு புள்ளியைக் (Diffraction spot) ஏற்படுத்துகின்ற எந்த ஒரு படிக தளத்தின் குறியீட்டு எண்கள் (Indices), அதாவது h, k, l இவைகளின் மதிப்புகள்.

(2) இந்தப் படிக தளம் பிரேக் கோணத்திலிருந்து திசை மாறுவதன் சரியான அல்லது திட்டமான (Precise) அளவு.

விளிம்பு விளைவு அமைப்பினுல் கிடைக்கப் பெறும் விளக்கங்களினுல் காணவேண்டிய தளத்தின் குறியீட்டெண்களையும் (Indices), மேலும் இந்தத் தளம் பிரேக் நிபந்தனை (Bragg condition)யிலிருந்து சரியான திசைமாற்றம் (Precise deviation) அடையும் அளவையும் கணக்கிட்டறிய முடியும்.

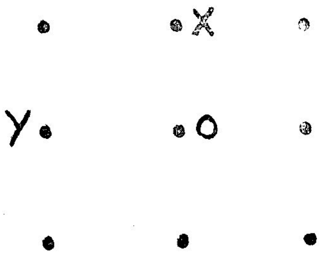
3. $\vec{B}$, யையும், $\vec{g}$-ன் குறியீட்டெண்களையும் தீர்மானித்தல்

$\vec{B}$-ன் திசையை அறிவது மிகவும் அவசியமாகும். ஏனெனில், ஒரு மூன்று பக்க மாதிரி (Three dimension specimen) யிலிருந்து உண்டாக்கப்படும் எலக்ட்ரான் பிம்பம் (mage) ஒரு இருபக்க எடுத்துக்காட்டு (Projection) அல்லது எளிதில் ஆகும். இதில் B என்பது எடுத்துக்காட்டியின் திசையாகும். ஆகையினுல் நுண்ணோக்கிப் படத்தின் (Micrograph) ஒவ்வொரு திசையும், அதாவது ஒரு வீழ்படிவின் நீள் பக்கம் அல்லது ஒரு இடமாற்றத் தன்மையின் (Dislocation) திசை போன்றவைகள் எடுத்துக் காட்டும் திசைகளாகும். ஆகையினுல் $\vec{B}$-ன் திசையை அறிவதின் மூலம் கிடைக்கப் பெறுகின்ற எடுத்துக்காட்டுத் திசையின் முக்கியத்துவங்களை ஆராய்ந்தறிய முடியும்.

படிகக் கட்டமைப்பின் (Crystal structure) தன்மைகளைத் தெரிந்த ஒரு விளிம்பு விளைவு அமைப்பினுடைய $\vec{B}$-ன் திசையை மிகவும் நேரடியான வழியில் கண்டறிய ஈவால்டு கோள அமைப்பு (Ewald Sphere Construction) பயன்படுவதாகும். இதில் கோளத்தின் ஆரம் முடிவிலியாகக் (Infinite) அல்லது ஈறிலியாகக் கொள்ளப்படுகிறது. எலக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவு அமைப்பு $\vec{B}$-க்கு செங்குத்தாக ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸின் (Reciprocal lattice) தொடக்கத்தின் வழியாக (Origin)ச் செல்லும் ஒரு தளப்பகுதியை கொடுக்கும்.

இவ்வாறு எடுத்துக் கொள்வது மிகவும் சரியானதாகும். ஏனெனில் 100 கிலோ எலக்ட்ரான் ஓல்ட் (100 kev) எலக்ட்ரான் கற்றையைப் பயன்படுத்தும் போதும் $\left|\frac{1}{\lambda}\right|$-வின் மதிப்பு

(கோளத்தின் ஆரம்) 250 மி.மீ$^{-1}$ (250mm^{-1}) க்குச் சமமாகவும் $|g|$-ன் மதிப்பு 5 மி. மீ$^{-1}$ (5 mm^{-1})க்குச் சமமாகவும் இருப்பதால் கோளத்தின் ஆரம் ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டிஸ் புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள தூரத்தை விட 50 மடங்குகள் உள்ளதாக இருக்கிறது. விளிம்பு விளைவு அமைப்பதற்குத் தொடர்பான ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டிஸின் தளத்தைத் தீர்மானித்து விட்டால், அதிலிருந்து இணையாக இல்லாத (Non-parallel) ஏதாவது இரு வெக்டார்களின் (Vectors) குறியீட்டு எண்களை (Indices) வைத்து, அதாவது படத்தில் காட்டியுள்ளது போன்ற $\vec{OX}$, $\vec{OY}$ ஆகிய இரு வெக்டார்கள் உதவியினால் $\vec{B}$-யை கண்டறியலாம்.



படம் 5 3-1

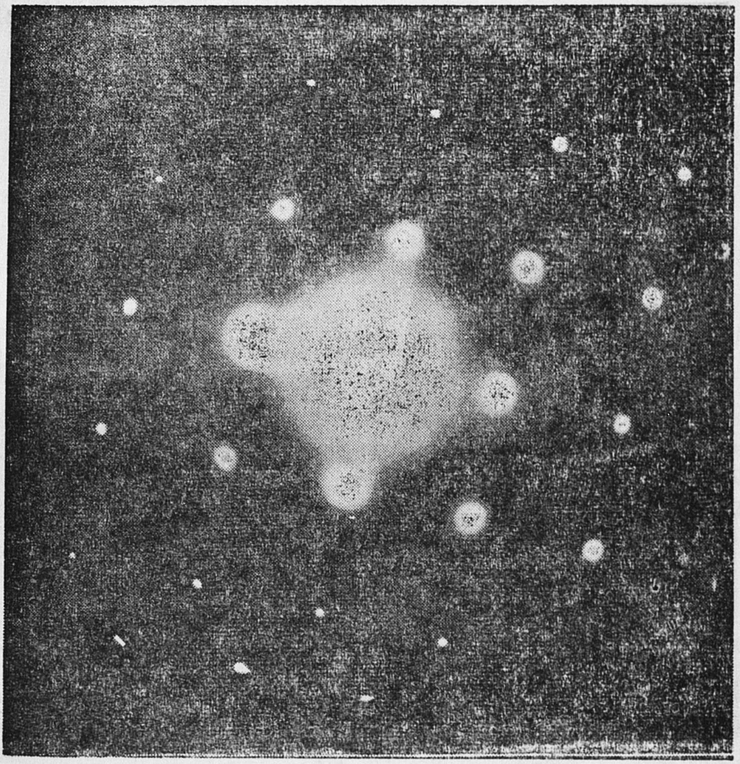
இணையாக இல்லாத இரு வெக்டார்களைக் காட்டும் விளிம்பு விளைவு அமைப்பு

படத்தில், $\vec{OX}$, $\vec{OY}$ என்பவைகள் ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டிஸ் வெக்டார்கள் (Reciprocal lattice vectors). ஒரு ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டிஸ் வெக்டார் $|g|$-ன் அளவு உண்மையான படிகத்தில் உள்ள தளங்களின் இடைவெளியின் தூர அளவின் தலைகீழ் பின்னத்திற்குச் சமமாகும்,

ஒரு கனசதுர படிகத்திற்கு(Cubic Crystal) க் கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்,

$$|g| = \frac{1}{d} = \frac{(h^2 + k^2 + l^2)^{\frac{1}{2}}}{a}$$

இதில் 'a' என்பது லேட்டிஸ் பராமீட்டர் ஆகும். 'a'-ஐ விட்டுவிட்டு எழுத வேண்டுமானால், விகிதத் தன்மையை (Proportionality) ப் பயன்படுத்தி,

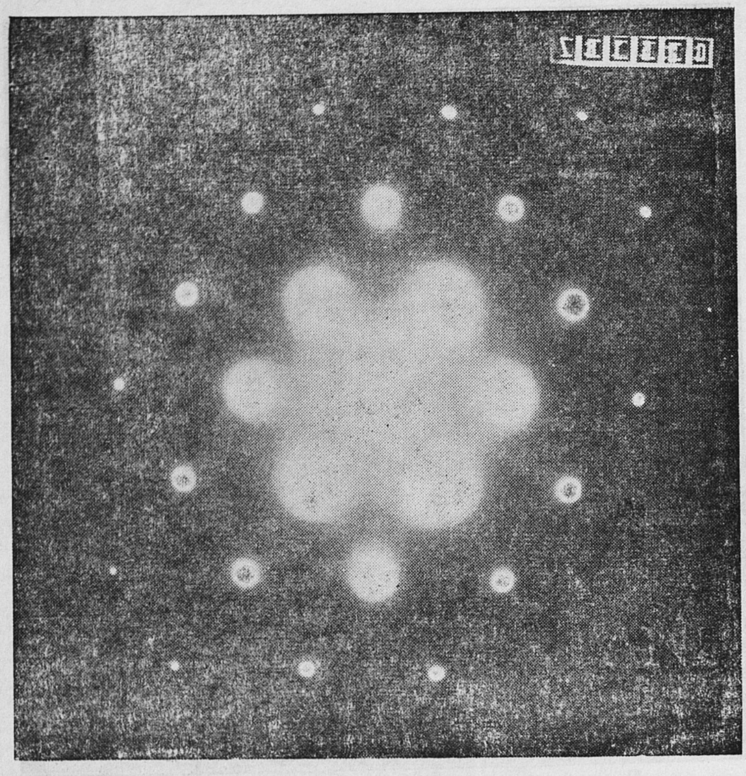


படம் 5 3 - 2 (a)

அலுமினியப் படிகத்தின் (100) ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸ் தளத்தைக் காட்டும் விளிம்பு விளைவு அமைப்பு.

$$|g| \ \alpha \ (h^2 + k^2 + l^2)^{\frac{1}{2}}$$

என்று எழுதலாம். லேட்டீஸ் பராமீட்டரும் (Lattice parameter) கேமிராவின் மாறிலியும் (Camera constant), அதாவது விளிம்பு விளைவு அமைப்பின் உருப்பெருக்கம் (Magnification) என்ன என்பதும் தெரிந்து கொண்டால், விளிம்பு விளைவு அமைப்பில் உள்ள தூரங்கள், உதாரணமாக, *OX*, *OY* என்பன போன்ற தூரங்கள் பிரதிபலிப்புகளுக்கான (Reflection) முடிந்த குறியீட்டு எண்களைக் கொடுக்கும்.



படம் 5 3 - 2 (b)

அலுமினியப் படிகத்தின் (111) ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டிஸ் தளத்தைக் காட்டும் விளிம்பு விளைவு அமைப்பு.

ஆகையினால் அளக்கப்பட்ட தூரம்

$$OX = \left|\frac{\lambda\ L}{a}\right|(h^2 + k^2 + l^2)^{\frac{1}{2}}$$

என்பதிலிருந்து முடிந்த hkl-களின் மதிப்புகள் உடனடியாகத் தெரிய வருகின்றன.

λL-ன் மதிப்பு நுண்ணோக்கியின் விளைவு மாறிலி (Diffraction constant) என்று கூறப்படுகின்றது. இதன் மதிப்பை ஒவ்வொரு விளிம்பு விளைவு அமைப்பிற்கும் தனித்தனியாகக் கணக்கிடப்பட வேண்டும். L என்ற குறியீடு (Symbol) மாதிரிக்கும், பார்க்கின்ற

திரை அல்லது ஒளிப்படத் தகட்டிற்கும் இடையேயுள்ள கற்பனைத் தூரத்தைக் குறிக்கும். இது ஒரு வழக்கமான எலக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவு காமிராவின் காமிரா மாறிலிக்கு ஒத்த பாரா மீட்டர் ஆகும். ஆகையினால் ஒரு எலக்ட்ரான் விளிம்பின் விளைவு காமிராவில் (இதில் மாதிரிக்கு அடிப்பகுதியில் வில்லைகள் இரா) தளங்களினால் ஏற்படுத்தப்படும் விளிம்பு விளைவுப் புள்ளிக்கும், நேரடியான புள்ளிக்கும், (Direct spot) இடைத்தூரம், தளங்களுக்கு இடையேயுள்ள இடைவெளித் தூரத்திற்குச் சமமாக ஒப்பிட்டு,

$$R = \frac{\lambda L}{d}$$

என எழுதப்படுகிறது. இதில் L என்பது உருமாதிரிக்கும், திரைக்கும் இடையேயுள்ள உண்மையான தூரம் ஆகும்.

காமிரா மாறிலி தெரியவில்லை எனில், OX, OY இவைகளுக்கொத்த குறியீட்டு எண்களை (Indices) முயற்சி - பிழை முறையில், (Trial and error method) OX, OY இவைகளின் அளவுகளின் இரு மடிக்களுக்கிடையேயுள்ள விகிதங்களைப் பயன்படுத்திக் காணப்படுகிறது.

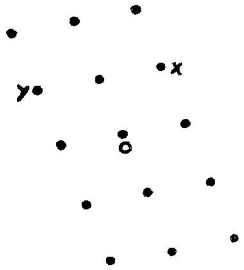
$\vec{OX}$, $\vec{OY}$ இவைகளுக்குச் சரியான குறிப்பிட்ட குறியீட்டெண்களைக் கொடுக்க, இவ்விரு வெக்டார்களுக்கிடையேயுள்ள கோணத்தைத் திருத்தமாக அளந்தறிய வேண்டும் ஏனெனில், ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸ் வெக்டார்கள் ஒன்றோடொன்று ஏற்படுத்திக் கொள்ளும் கோணம் அதே குறியீட்டெண்களைக் கொண்ட தளங்கள் உண்மையான படிகத்தில் ஏற்படுத்திக் கொள்ளும் கோணத்திற்குச் சமமாக இருக்கும். ஆகையினால், X, Y என்ற பிரதிபலிப்புகளுக்கு குறித்த குறியீட்டெண்களைக் கொடுக்க முடியும். இவ்விரு திசைகள் விளிம்பு விளைவு அமைப்பை ஏற்படுத்திய ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸின் தளத்தை வரையறுத்துக் காட்டும். இதன் பின்னர் இவ்விரு ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸ் வெக்டார்களுக்குச் செங்குத்தான வெக்டார் $\vec{B}$ - தான் எலக்ட்ரான் கற்றையின் திசை என்பதை எளிதில் கண்டு கொள்ளலாம். ஆகையினால், $\vec{Ox} \vee \vec{Oy}$ என்ற குறுக்குப் பெருக்கல் (cross product) $\vec{B}$- ஐக் கொடுத்துதவுகிறது. இக் குறுக்குப் பெருக்கல் முறை $\vec{B}$-மேல் நோக்கிய திசையைக் (Upward direction) கொடுக்கும் தன்மையுடையது. மண்டலவிதி

(Zone rule) அல்லது ஸோன் விதியைப் பயன்படுத்தியும் $\vec{B}$-ஐக் காணலாம். ஆனால், இம் முறையில் குறி (Sign) சரியான திசையில் பயன்படுத்தப்படுகிறதா என்பதைக் கவனமாகச் சோதித்தறிந்து கொள்ளவேண்டும். X, Y இவைகளின் குறியீட்டெண்கள் முறையே (h_1, k_1, l_1), (h_2, k_2, l_2) எனக் கொடுக்கப்பட்டிருப்பதாகக் கொண்டால், மண்டல அச்சுவை (Zone axis) [H K L]-இணைத்து

$$Hh_1 + Kk_1 + Ll_1 = O$$

$$Hh_2 + Hk_2 + Ll_2 = O$$

என்று எழுதி, பின்னர் இரு சமன்பாடுகளையும் தீர்த்து (Solved) [HKL]-ன் மதிப்பு கணக்கிடப்படுகிறது. இத்தன்மையான முழுச் செய்முறையும் (Procedure) கீழே காட்டப்பட்டுள்ள விளிம்பு விளைவு அமைப்பு விளக்கப்பட்டுள்ளது. இப்படம் பக்க மைய



படம் 5 3-3

தங்கப்படிகத்தின் விளிம்பு விளைவு அமைப்பிற்கொத்த விளிம்பு விளைவு அமைப்பைக் காட்டும்படம்,

கன சதுர (Face centered cubic) தங்கப்படிகத்தின் (Gold crystal) விளிம்பு விளைவு அமைப்பிற்கொத்ததாகும். இதனுடைய பகுப்பாய்வு (Analysis) பின்வரும் அட்டவணையில் காட்டப்பட்டு உள்ளது.

இந்த அட்டவணையிலிருந்து 200, 022 என்பன முறையே X, Y என்பவைகளின் குறியீட்டெண்கள் என்பதும், பின்னர் $\vec{B}$ என்பது $[200] \wedge [022]$ என்பதின் விளைவான $[0\bar{1}1]$ மதிப்புடையது எனத்தெரிகிறது. மற்றொரு முறையான மண்டல அல்லது ஸோன் விதியைப் பயன்படுத்தினால்,

பக்க மைய கனசதுர விளிம்பு விளைவு அமைப்பின் பகுப்பாய்வு

வெக்டார்	வெக்டாரின் நீளம்	நீளத்தின் இருமடி	விகிதம்	முடியுமான குறியீட்டெண்கள்	OX-க்கும OY-க்குமிடையேயுள்ள ∠	குறித்த குறியீட்டெண்கள்
$\vec{OX}$	2.50	6.25	1	200	90°	200
$\vec{OY}$	3.55	12.65	2	220		022

$2H = O$ அதாவது $2K + 2L = O$

ஆகையினால் $H = O$: $K = L$

அதாவது கற்றையின் திசை $\vec{B} = \pm [0\bar{1}1]$ ஆகும்.

ஒரு அமைப்பைக் குறியிடும்போது ஒரு நிச்சயமற்ற நிலை (Arbitrariness) ஏற்படுகிறதென்பது விளங்கும். ஏனெனில் உதாரணமாக $\vec{OX}$-ஐ குறியிடுகையில் 200 என்றும், $\vec{OY}$-ஐ குறியிடுகையில் $02\bar{2}$ என்று குறிப்பிட்டாலும், அதன் விளைவாக $B = [0\bar{1}1]$ என்பது கிடைக்கும். அல்லது $\vec{OX} = 020$ என்றும் $\vec{OY} = 202$ என்றும் குறியிடலாம்.

$\vec{B}$-ன் உண்மையான அல்லது சரியான தன்மை $\vec{OX} \wedge \vec{OY}$ என்று குறுக்குப் பெருக்கல் முறையில் கிடைக்கிறது. இவ்வாறின்றி $\vec{OY} \wedge \vec{OX}$ என்று குறுக்குப் பெருக்கல் செய்தால் இதன் திசை மாறிவிடும். ஏனெனில் $\vec{OX}$-க்கும் $\vec{OY}$-க்கும் இடையேயுள்ள கோணம் 180° விடக் குறைவாக உள்ளது. இது ஒரு வலதுகைச் சுற்று வகையான அச்சுகளைக் (Right handed set of axes) கொண்ட ஒரு தளத்திலிருந்து மேல் நோக்கிய வெக்டாரைக் (Upward drawn vector) குறிக்கும். இது தாழின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக மேல் நோக்கி இருக்கும். இதற்கு மாறாக எதிர் தன்மையில் $[h_2 k_2 l_2] \wedge [h_1 k_1 l_1]$ என எடுத்துக் கொண்டால் இது கீழ் நோக்கி வரையப்பட்ட வெக்டாரைக் குறிப்பதோடு, முடிவாக $[\bar{H}\ \bar{K}\ \bar{L}]$ என்பது கிடைக்கும்.

கனசதுர படிகத்தின் விளிம்பு விளைவு அமைப்புகளின் தீர்வுகளை மிக எளிதில் கண்டறியலாம். செய்முறை வல்லுனர்கள் (Experimentalists) இந்த மாதிரியான கனசதுரப் படிகங்களிலிருந்து கிடைக்கின்ற பல விளிம்பு விளைவு அமைப்புகளிலிருந்து பார்த்த மாத்திரத்திலேயே (on sight) அவைகளை விரைவாக அடையாளம் கண்டு கொள்வார்கள். கனசதுர படிகங்களுக்கு (Cubic crystals) ரெசிப்புரோக்கல் அச்சுகள் படிக அச்சுகளுடன் ஒரு புள்ளியில் சந்திக்கும் தன்மையுடையன. படிகத்தின் ஒரு குறிப்பிட்ட திசையின் குறியீட்டெண்கள், இத்திசைக்குச் செங்குத்தான படிகத்தளங்களின் குறியீட்டெண்களுக்குச் சமமாக இருக்கின்றன. $\vec{B}$-க்குக் கிடைக்கும் தீர்வின், அதாவது இரண்டு ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டிஸ் வெக்டார்களின் குறுக்குப் பெருக்கலால் (Cross product) கிடைக்கும் குறியீட்டெண்கள் (Indices) உண்மையான படிகத்தில் ஒரு திசையைக் காட்டும். மேலும் ஒரே குறியீட்டெண்களையுடைய படிகத்தளம் எலக்ட்ரான் கற்றையின் திசைக்குச் செங்குத்தாகும். ஆனால் இந்த விதமான எளிய தாக்கத் தன்மைகள் (Simplifications) மற்றக் குறைந்த ஒத்த தன்மையுள்ள (Lower symmetry) படிகங்களின் ஒழுங்குமுறைகளுக்குப் பயன்படுத்த முடியாது, இதைக் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள அறுங்கோண நெருக்க அடுக்கு (Hexagonal close packed) படிகத்தின் எடுத்துக்காட்டில் விளக்கப்பட்டுள்ளது.

படம் 5 3-4

அறுங்கோண நெருக்க அடுக்குப் படிகத்தின் ஒரு விளிம்பு விளைவு அமைப்பைக் காட்டும் படம்.

ஒரு அறுங்கோண நெருக்க அடுக்கு படிகத்தில் $|g|^2$-ன் அளவைக் கண்டறிய ஒரு குறிப்பிட்ட அறுங்கோண நெருக்க அடுக்குப் படிகத்தின் e/a விகிதத்தின் மதிப்பைக் கண்டறிந்து கொள்ள வேண்டும். ஏனெனில்,

$$\frac{1}{d^2} = \frac{4\,(h^2 = h^2 + l^2)}{3a^2} = \frac{1}{g^2}$$

மேலே காட்டப்பட்டுள்ள விளிம்பு விளைவு அமைப்பின் படம் ஒரு தனிபடிகத்திலான (Single crystal) டிட்டேனியத்தினுடையது (Titanium). இதனுடைய $\frac{e}{a}$ -யின் மதிப்பு 1·58 ஆகும். X, Y என்று குறிப்பிடப்பட்டுள்ள விளிம்பு விளைவு புள்ளிகள் முறையே $10\bar{1}3$; மற்றும் $11\bar{2}0$ என்றும் குறிபிட்டுக் காட்டப்பட்டுள்ளன. இவைகளைக் குறியிட கீழ்க் கொடுக்கப்பட்டுள்ள அளவீடுகள் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ள.

அறுங்கோண நெருக்க அடுக்கு விளிம்பு விளைவு அமைப்பின் பகுப்பாய்வு (Analysis)

வரிசை எண்	வெக்டார்கள்	வெக்டார்களின் நீளம்	முடிந்த குறியீட்டெண்கள்	அளக்கப்பட்ட கோணம்	குறிப்பிட்ட குறியீட்டெண்கள்
1	$\overrightarrow{OX}$	3·75	$1\bar{1}03$	65°	$10\bar{1}3$
2	$\overrightarrow{OY}$	3.37	$11\bar{2}0$		$11\bar{2}0$

கனசதுர படிகங்களின் தன்மைகளைப் போன்று இந்தக் குறியீட்டெண்களும் உண்மையான படிகத்தின் படிகத்தளங்களின் குறியீட்டெண்களைக் குறிக்கின்றன. ஆனால், இத் தளங்கள் எலக்ட்ரான் கற்றைக்கு இணையாக உள்ளவைகள். ஆகையினால் மண்டல அச்சைக் (Zone axis) கணக்கிட்டறிய முடியும். ஆனால், அவைகள் நான்கு குறியீட்டெண்களையுடையன. மில்லர்-பிரவேஸ் பெயரிடு முறையை (Miller-Bravais Nomenclature)ப் பயன்படுத்தி பிரதிபலிப்புகளை (Reflections)க் குறியிடலாம். பல வேறுபட்ட அணுகுமுறைகளினால் (Approaches) $\overrightarrow{B}$- ஐ கண்டறிய முடியும் அவைகளில் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள முறையும் ஒன்றாகும்.

ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸ் புள்ளிகளின் மில்லர்-பிரவேஸ் குறியீட்டெண்கள் உண்மையான படிகத்தளங்களின் குறியீட்டெண்களுக்கு ஒத்தவைகள் அல்லது தொடர்பானவைகளாகும். படிகங்களின் தளங்களுடைய மில்லர்-பிரவேஸ் குறியீட்டெண்களை மில்லர் குறியீட்டெண்களாக மாற்றுவதற்கு மூன்றாவது எண்ணை நீக்கிவிடப்படுகிறது. ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸ் வெக்டார்களின் குறியீட்டெண்களையும் (மில்லர் குறியீட்டெண்கள்) இதே மாதிரியாகப் பெற்று விடலாம். ஏனெனில் இரண்டு ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸ் வெக்டார்களின் குறுக்குப் பெருக்கல் (Cross product) உண்மையான படிகத்திலுள்ள இவ்விரண்டு திசைகளுக்குச் செங்குத்தான திசையைக் கொடுப்பதால் கன சதுரப் படிகத்திற்குப் பயன்படுத்தப்படும் அதே செய்முறையைக் (Procedure) கையாளலாம். அல்லது பின்பற்றலாம். ஆகையினால், நாம் எடுத்துக் கொண்ட உதாரணத்தில் $[103] \wedge [110]$ என்பதின் குறுக்குப் பெருக்கல் எலக்ட்ரான் கற்றையின் திசையை $[\bar{3}31]$ எனக் கொடுக்கிறது. ஆகையினால் எலக்ட்ரான் கற்றைக்கான மில்லர் குறியீடுகளான $[hkl]$ களின் மதிப்பு $[331]$ ஆகும். இது $\vec{B}$-ன் திசையைக் காட்டுகிறது. இத்திசையினுடைய மில்லர்-பிரவேஸ் குறியீட்டெண்களை $[uvtw]$ எனக் கண்டறியலாம். இதைக் கண்டறிய படித்தரமான படிக இயலுக்கான தொடர்புகளின் மூலம் கணக்கிடலாம்.

$$u = \tfrac{1}{3} \times [2H - K]$$

$$v = \tfrac{1}{3} [2K - H]$$

$$t = -(u + v)$$

$$w = L.$$

இவைகளின் படி கணக்கிடும் போது $\vec{B} = [\bar{3}301]$. இந்தத் திசை குறைந்த குறியீட்டு தளத்திற்கு (Low index plane) செங்குத்தாக இல்லை.

$\vec{B}$-க்கு இவ்வாறு கணக்கிடப்படும் மதிப்பு, அதாவது விளிம்பு விளைவு புள்ளிகளைப் பயன் படுத்திக் கணக்கிடுவது தோராயமான தீர்வே ஆகும். இத்தோராயம் சுமார் $10°$ வரை பிழையாவதற்கு முடியும். இவ்வாறான தோராயப் பிழைக்குக் காரணம் என்னவெனில் பிரேக் (Bragg) நிபந்தனைகள் திருப்திகரமாகச் சரியாகாதபொழுதும் விளிம்பு விளைவுச் செறிவு (Diffrac-

tion Intensity) உண்டாக்கப்படுகிறது. மேலும் விளிம்பு விளைவுப் புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள செறிவு மாற்றத்தை விளிம்பு விளைவு அமைப்புகளின் பகுப்பாய்வின் போது எடுத்துக் கொள்ளப்படுவதில்லை. செறிவு மாற்றங்களைத் தள்ளிவிடுகிறோம். ஆகையினால் $\vec{B}$-ன் திசையைக் கண்டறிய அழுத்தமான புள்ளிகளைப் பயன் படுத்த வேண்டும்.

$\vec{B}$-சரியான தீர்வைக் காணக் கிக்கூச்சிக் கோடுகள் (Kikuchi Lines) பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இக் கிக்கூச்சிக் கோடுகள் பொதுவாக எல்லாத் தடிப்பான மாதிரிகளால் ஏற்படுத்தப் படும் விளிம்பு விளைவு அமைப்புகளிலும் காணப்படுகின்றன.

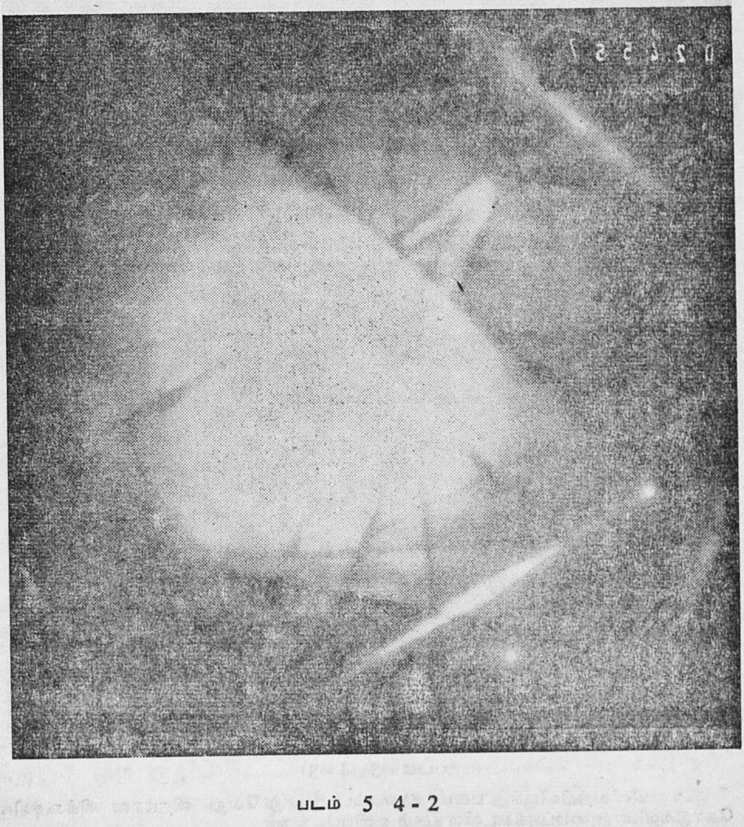
4. கிக்கூச்சிக் கோடுகளும் $\vec{B}$-ஐத் நிர்மானித்தலும்

ஒவ்வொரு விளிம்பு விளைவுப் புள்ளிக்குத் தொடர்புடைய கிக்கூச்சிக் கோடுகள் (Kikuchi lines), ஒளிக்கோடு, இருண்ட கோடு ஆகியவைகள் சேர்ந்த ஒரு ஜோடிகளாக (A pair of bright and dark lines) தோன்றுகின்றன. ஒளி, இருண்ட கோடுகளுக்குள்ள இடைவெளிக்கும் அதற்கொத்த விளிம்பு விளைவு புள்ளிகளுக்கும் இடையேயுள்ள இடைவெளிக்குத் (Spacing) தொடர்புடையதாகவும், சமமாகவும் இருக்கிறது ஆகையினால், இவ்விடைவெளி விளிம்பு விளைவுப்புள்ளிகளைக் கொடுக்கும் படிகத்தின் தளங்களுக் கிடையேயுள்ள இடைவெளிக்கு நேர்விகிதத்தில் (Proportional) இருக்கும். மேலும், தொடக்கப் புள்ளியை (Origin) சேர்க்கும் நேர்கோடு, அதாவது நேர்கற்றை (Direct beam) யினால் உண்டாக்கப்படும் புள்ளியையும் எந்த ஒரு விளிம்பு விளைவுப் புள்ளியையும் சேர்க்கும் நேர்கோடு அவைகளுக்குத் தொடர்பான கிக்கூச்சி கோட்டு ஜோடிகளுக்குச் செங்குத்தாக இருக்கிறது.

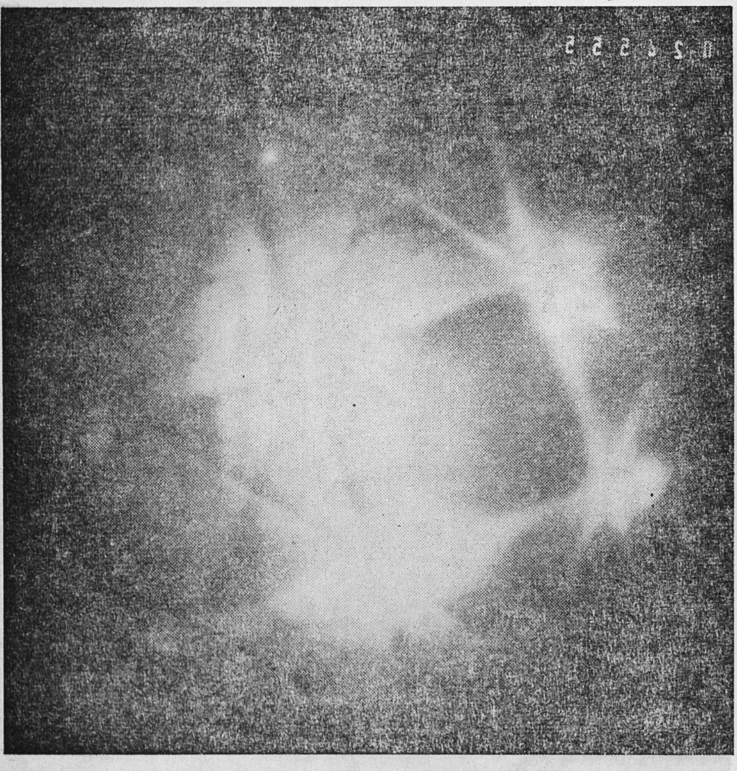
ஆகையினால், ஒளி-இருள் ஜோடிக்கோடுகள் படிக தளங்கள் ஒளிப்படத் தகட்டை (Photographic plate) வெட்டும் திசையில் காணப்படுகின்றன. இவைகளுக்கிடையேயுள்ள தூரம் அக்கோடுகளுக்குத் தொடர்பான எதிர் விகிதத்திலிருக்கிறது. ஆகையினால், விளிம்பு விளைவுப் புள்ளிகளைக் குறியிடுவதற்குப் பயன்படுத்தும் இதே முறையே கிக்கூச்சிக் கோடுகளையும் குறியிடுவதற்கு உபயோகப் படுத்தலாமென்பது தெளிவாக விளங்கும். அதாவது கிக்கூச்சிக் கோடுகளுக்கிடையேயுள்ள இடைவெளியையும், அவைகளுக்குத் தொடர்பான கோணங்களையும் பயன்படுத்திஅவைகளைக் குறியிடலாம்.

ஒளிப் படங்கள்

படம் 5 4-1



படம் 5 4-2

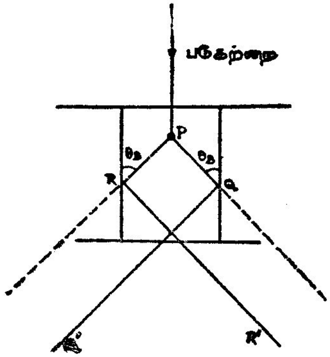


படம் 5 4-3

அலுமினியத்திலிருந்து படமாக்கப்பட்ட மூன்று வேறு விதமான கிக்கூச்சிக் கோடுகளின் அமைப்புகளை விளக்கும் ஒளிப்படங்கள்.

EM-300-ல் எடுக்கப்பட்ட கிக்கூச்சிக் கோடுகளைக் காட்டும் ஒளிப்படங்கள். இவைகள் அலுமினியம் மாதிரியில் எடுக்கப்பட்ட படங்கள்

கிக்கூச்சிக் கோடுகளின் தொடக்கத்தை அறிந்து கொள்வதற்கு, கிக்கூச்சி (Kikuchi) என்பவராலேயே நேரடியாகக் கொடுக்கப்பட்ட விளக்கத்தைக் கீழே கொடுக்கப்பட்ட படத்திலிருந்து விளக்கலாம். இவ்விளக்கம் படிகத்திலிருந்து மிக மிகக் குறைந்த அலை நீள மாற்றமுடைய (Negligable change of wave length) நெகிழ்ச்சியற்ற (Inelastically) முறையில் சிதறும் எலக்ட்ரான்களின் அடிப்படையில் அமைந்துள்ளது. இவ்வெலக்ட்ரான்கள் விளிம்பு விளைவு அமைப்பில் பின்படர்ந்த செறிவை (Back round intensity) உண்டாக்கி, மேலும் இவைகள் படிகத் தளங்களால் விலக்கியனுப்பப்பட்டு கிக்கூச்சிக் கோடுகளை உண்டாக்குகின்றன.



படம் 5 4-4

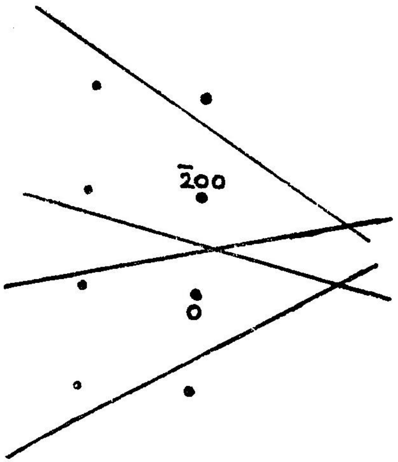
கிக்கூச்சிக் கோடுகள் உண்டாக்கப் படுவதற்கான எளிய விளக்கம். *P.* என்பது நெகிழ்ச்சியற்ற முறையில் சிதறும் எலக்ட்ரான்களை உண்டாக்கும் கோள வடிவ மூலம். இவைகள பிரேக் முறைப்படி *Q*-விலும், *R*-லும், விளிம்பு விளைவாக்கப்பட்டு QQ^1 RR^1 என்ற கதிர்கள் உண்டாக்கப் படுகின்றன.

படத்தில் *P* என்ற புள்ளி நெகிழ்ச்சியற்று சிதறும் எலக்ட்ரான்களைக் கொடுக்கும் ஒரு மூலமாக எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட படிகத்தின் தளங்களின் விளக்கத்தில், இந்த எலக்ட்ரான்கள் *PQ*, *PR* என்ற திசைகளில் சென்று பிரேக் கோணத்தில் (Bragg angle) படுகின்றன. ஆகையினால் இவைகள் QQ^1, RR^1 என்ற திசைகளில் விளிம்பு விளைவுக் கற்றைகளை உண்டாக்குகின்றன. QQ^1 என்ற கதிர் RR^1 என்ற கதிரைவிட மிக அதிகமாக செறிவானதாக உள்ளது. ஏனெனில், *P*-என்ற புள்ளி எலக்ட்ரான்களின் சிதறும் கோணம் *PQ* என்ற கதிருக்குச் சிறியதாக உள்ளது. இதற்குக் காரணம் என்னவெனில், நெகிழ்ச்சியற்ற எலக்ட்ரான் சிதறலின் பரப்பல் முன் நோக்கும் திசையில்

(Forward direction) மிக அதிகமாக உயர்ந்துள்ளது. மேலும், P என்ற புள்ளி நெகிழ்ச்சியற்று சிதறும் எலக்ட்ரான்களை உண்டாக்கும் கோளமான மூலமாகச் செயல்படுவதால், மறுவிளிம்பு விளைவு (Re-diffraction) ஏற்பட்டு Q, R என்ற புள்ளிகளில் கூம்பு வடிவக் கதிர்களை (Cones of rays) உண்டாக்குகின்றன. ஏனெனில் θB சிறியதாக இருப்பதோடு, திரையைப் பொருத்தமான நேர்களில் குறுக்கிட்டு வெட்டுகிறது. இவ்விரு கோடுகளில் ஒன்றுபின் பாகத்தைவிட இருண்டதாகத் தென்படுகிறது. மற்றொன்று ஒளியுள்ளதாக (Lighter)த் தென்படுகிறது. ஏனெனில் RR^1, QQ^1 இவைகளுக்கிடையே செறிவு வித்தியாசம் இருப்பதாகும. இந்த விதமாக உண்டாக்கப்படும் ஒரு ஜோடி ஒளி-இருள்கோடுகளுக்கிடையேயுள்ள கோண இடைவெளி (Angular spacing), $2\theta B$ ஆகும். இதில் θB ஒரு குறிப்பிட்ட தளங்களின் வகைக்குத் தொடர்பான பிரேக் கோணமாகும். ஆகையினால் இக்கோண இடைவெளி தொடர்பான விளிம்பு விளைவுப் புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள இடைவெளிக்குச் சமமாகும். ஒவ்வொரு படிக தளத் தொகுப்புக்கான தொடர்புடைய ஒரு ஜோடி கிக்கூச்சிக் கோடுகள் இருக்கின்றன. இந்த ஜோடி கோடுகளுக்கிடையேயுள்ள கோண இடைவெளி (Angular spacing) எப்பொழுதும் பொருத்தமான பிரேக் கோணத்தைப் போன்று இரு மடங்காக உள்ளது.

தாழின்மீது வரையப்பட்டுள்ள படத்திலிருந்து மேல்நோக்கிச் செங்குத்தான அச்சை வைத்துப் படிகத்தைச் சுழற்றுவதாகக் கொண்டால், கிக்கூச்சிக்கோடுகள் இடது புறமிருந்து வலது புறமாக நகரும் தன்மையுடையது. இதேபோன்று இதற்கு நேர்மாறாக கீழ்நோக்கியுள்ள செங்குத்துக்கோடு முன்னேறும் திசையில் படிகத்தைச் சுழற்றினால் கிக்கூச்சிக்கோடுகள் வலதுபுறமிருந்து இடதுபுறமாக நகர்ந்து செல்கின்றன. இவ்வாறு கிக்கூச்சிக்கோடுகள் நகரும் தன்மை சுழற்றும் திசையின் தன்மைச் சார்ந்துள்ளது. ஆகையினால் கிக்கூச்சிக் கோடுகள் உண்டாக்கப்படும் தன்மைகள், அவைகள் படிகத்தோடு நிலையாகப் பொருத்தப்பட்டதுபோல் செயல்படுகின்றன. ஆகையினால் படிகத்தைத் திருப்பும்போது கோடுகள் நகர்கின்றன. இவ்வாறு கிக்கூச்சிக் கோடுகள் நகரும் தன்மை, விளிம்பு விளைவுத் தன்மையைக் கிக்கூச்சிக் கோடுகள் நகரும் தன்மை, விளிம்பு விளைவுத் தன்மையைக்கிக்கூச்சிக் கோடுகளை உண்டாக்கும் படிக தளங்களின் பிரதிபலிப்புத் தன்மையில் செயல்பட்டு ஆடிகள் (Mirrors) போன்று செயல்படுவது மிகவும் பயனுள்ள உபயோகமாகக் கருதப்படுகிறது ஆகையினால் படிகத்தை நகர்த்தும்போது கிக்கூச்சிக் கோடுகளும் நகர்கின்றன.

கிக்கூச்சிக் கோடுகளைப் பயன்படுத்தி $\vec{B}$-ன் மிகச் சரியான மதிப்பைக் கணக்கிடும் முறையைக் கீழ்காணும் படத்தில் விளக்கப் பட்டுள்ளது. கொடுக்கப்பட்டுள்ள படம் அலுமினியத்திலிருந்து எடுக்கப்பட்டதின் தன்மையை ஒத்ததாகும்.



படம் 5 4-5

அலுமினியத்திலிருந்து பெறப்பட்ட கிக்கூச்சிக் கோடுகளின் தன்மையை யொத்த விளக்கப் படம்.

படத்திலிருந்து $\vec{B}$-ன் தீர்வு, விளிம்பு விளைவுப் புள்ளிகளைப் பயன்படுத்துவதால் [001] என்று இருந்திருக்க வேண்டும். இப்பொழுது $\vec{B}$ சரியாக [001] திசையில் இருந்திருந்தால் கிக்கூச்சிக் கோடுகள் பொருத்தமான ஒத்த தன்மையைக் காட்டும். எவ்வாறாயினும் கிக்கூச்சிக் கோட்டமைப்பின் மையப்புள்ளி நேர்கற்றையை (Direct beam) விட சற்றுதூரம் தள்ளி உள்ளது. அதாவது இணையற்ற (Non-parallel) இரு கிக்கூச்சிக் கோடுகள் வெட்டிக்கொள்ளும் புள்ளி நேர்கற்றைக்குச் சிறிது தூரம் தள்ளி இருக்கிறது. இந்தத் தூரத்தை அளந்தறிய முடியும். ஏனெனில் பிரேக் கோணங்கள் (Bragg angles) தெரிந்துள்ளதால் இந்தத் தூரத்தை டிகிரியில் (Degrees) குறிப்பிட முடியும் இது கிக்கூச்சிக் கோட்டமைப்பு மையத்திலிருந்து வரையறுக்கப்பட்டுள்ள திசையிலிருந்து $\vec{B}$ விலகியிருப்பதை நேரடியான அளவில் காட்டு

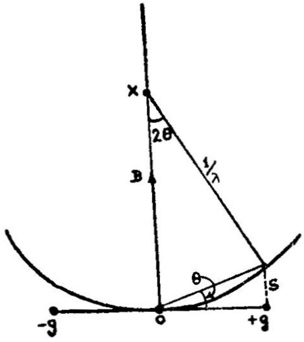
கிறது. இந்தத் திசையை g_1, g_2 இவைகளின் குறுக்குப்பெருக்கல் (Cross product) கொடுக்கிறது இதில் g_1, g_2 என்பவைகள் இந்த ஜோடி (Pair) கிக்கூச்சிக் கோடுகளை உண்டாக்கிய தளங்களினுடைய குறியீட்டெண்கள் ஆகும் இந்த உதாரணத்தில் [001] என்பதாகும். இது விளிம்பு விளைவுப்புள்ளி அமைப்பிலிருந்து கிடைக்கப் பெற்றதாகும். $\vec{B}$-யினுடைய சரியான முழுத்தீர்வு [$\bar{2}$00] என்பதை வைத்து சுழற்றலைத் (rotation) தொடர்பான [001]-ஐ விட்டு 45° தள்ளி உள்ள $\vec{B}$ என்பதாகக் கொள்ளப் படுகிறது. ஆனால், கிக்கூச்சிக் கோடுகளின் இரு சம வெட்டிகள் படத்தில் நேர்கற்றைக்கு மிகவும் அருகில் வெட்டிக் கொண்டால், பின்னர் $\vec{B}$, [001] மிக மிக அருகிலிருப்பதாக எடுத்துக் கொள்ளப் படும் எனக் கொள்ளவேண்டும்.

5. விளிம்பு விளைவுத் தளங்கள் பிரேக் கோணத்திலிருந்து திசை மாறுவதைக் கண்டறிதல்

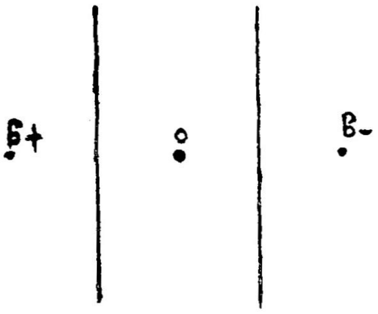
மூன்றாவது பராமீட்டரான விளிம்பு விளைவுப் புள்ளிகளை ஏற்படுத்தும் படிகத்தளங்கள் பிரேக் கோணத்திலிருந்து நுணுக்கமாகத் திசை மாறுவதைக் கணக்கிட விளிம்பு விளைவு அமைப்பு பயன்படுகிறது. இந்தத் திசை மாறும் பராமீட்டர் (Parameters) ஈவால்டு கோணத்திலிருந்து, $\vec{B}$-க்கு இணையான திசையில் ஒரு பிரதிபலிப்புப் புள்ளியை ஏற்படுத்துகின்ற ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸ் புள்ளியின் தூரம் என வரையறுக்கப்படுகிறது. இதை Sg எனக் குறிப்பிடப்படுகிறது. படிகங்களின் குறைபாடுகளை (Crystal defects) கண்டறிந்து விளக்கம் கொடுப்பதற்கு இந்தப் பராமீட்டர் மிக மிக முதன்மையானதாகும்.

Sg-ன் மதிப்பை எளிய முறையில் கண்டறிய கிக்கூச்சிக்கோடு அதனுடைய தொடர்பான விளிம்பு விளைவுப் புள்ளியிலிருந்து இடம் பெயர்ந்துள்ள தூரத்தை அளப்பதின் மூலம் அறியலாம். கிக்கூச்சிக் கோடுகள் உண்டாக்கப்படுவதை எடுத்துக் காட்டும் படத்திலிருந்து, பிரேக் நிபந்தனை திருப்திகரமாகச் சரியாகின்ற போது ஒளிக் கிக்கூச்சிக்கோடு (Bright Kikuchi line) அதற்குத் தொடர்பான விளிம்பு விளைவுப் புள்ளி மூலம் சரியாகச் செல்வதையும் இருள் கிக்கூச்சிக்கோடு (Dark Kikuchi line) நேரடியாகச் செலுத்துகை கற்றையின் வழியாகச் செல்வதையும் காணலாம். ஆகையினால் திசை மாறும் பராமீட்டர் $Sg = O$,

$\theta = \theta B^{\circ}$ படுகோணம் θ B-ஐ விடப் பெரிதாக இருக்கின்ற போது Sg-ன் மதிப்பு நேர்த்தன்மை (Positive) உடையதாகவும், θB-ஐ விட சிறிதாக இருக்கின்ற போது, Sg எதிர்தன்மை (Negative) உடையதாகவும் கொள்ளப்படுகிறது. Sg-ன் மதிப்பு நேர்தன்மை யாக இருக்கின்றபோது ஒளிக்கிக்கூச்சிக்கோடு (Bright Kikuchi-line) அதற்குத் தொடர்பான விளிம்பு விளைவுப் புள்ளியிலிருந்து நேர்க்கற்றையைவிட்டு அப்பால் செல்லும் திசையில் இடமாற்றம் அடையும். இதே போன்று Sg-ன் மதிப்பு எதிர் தன்மையாக இருக்கும்போது ஒளிக்கிக்கூச்சிக்கோடு நேர்கற்றை (Direct beam)யை நோக்கி இடமாற்றம் அடையும். எந்த ஒரு குறிப்பிட்ட திசை மாற்றத்திலும் Sg-ன் மாற்றத்தைக் கணக்கிட்டறிய ஈவால்டு கோள (Ewald sphere) அமைப்பைப் பயன்படுத்த வேண்டும். இக்கோள அமைப்பிலும் பிரதிபலிக்கும் தளங்கள் செங்குத்தாக உள்ளவைகளைக் கவனிக்க வேண்டும். அதாவது $+g, -g$ இவைகளுக்குத் தொடர்பான ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸ் புள்ளிகள் சமமாக ஈவால்டு கோளத்திற்கு வெளியே இருக்கும் ஒத்த தன்மையான நிலையைப் பயன்படுத்த வேண்டும். கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள படங்களில் இதற்கான தீர்வும், விளிம்பு விளைவு அமைப்பும் விளக்கிக் காட்டப்பட்டுள்ளன.



படம் 5 5-1
ஒத்த தன்மை நிலையில் Sg-ஐ தீர்மானிக்கும் விளக்கப்படம்



படம் 5 5-2
ஒத்த தன்மை நிலையில் கிடைக்கும் விளிம்பு விளைவு அமைப்பு.

படத்திலிருந்து, குறிப்பிடப்பட்டுள்ள பிரேக் நிபந்தனையி லிருந்து திசை மாறியிருப்பதை, அதாவது Sg-ன் மதிப்பைச் சாதாரண வடிவியல் முறைப்படி $Sg = -g^{2}\frac{\lambda}{2}$ என்பதாகும். ஆகையினால், எந்த ஒரு விளிம்பு விளைவு அமைப்பிற்கும் இந்தத்

திசை மாறும் பராமீட்டர் (Deviation parameters) மதிப்பை ஒரு எளிய விகிதத்தில் தீர்மானித்தறியலாம். ஏனெனில் ஒரு திசை மாற்றம் (Deviation) θ_B (படத்தில் g-க்கும், நேர்கற்றைக்கு மிடையேயுள்ள தூரம் $2\theta_B$ ஆகும்) என்பது அதற்குத் தொடர்பான மேலே கொடுக்கப்பட்டுள்ள சமன்பாட்டுள்ள Sg-ன் மதிப்பைப் பொறுத்துள்ளது. செய்முறையில் முதலாவது வரிசை கிக்கூச்சிக்கோடு வழக்கமாக விரவலாவதால் (Diffuse) $4x$-ஐ மதிப்பிட்டறிய கூர்மையான இரண்டாவது வரிசை கிக்கூச்சிக் கோடுகளைப் பயன்படுத்திப் பெற வேண்டும். $-x/2$-ன் மதிப்பிற்கு, 2·9 மதிப்பாகவுள்ளது இங்கே g-பிரதிபலிப்பிற்கான Sg-ன் மதிப்பைக் கணக்கிட $4x$, என்பது தேவைப்படுகிறது. இந்த $4x_1$-ன் மதிப்பை நேரடியாக அளப்பதென்பது மிகவும் கடினமானதாகும்.

$$4x_1 + 4x_2 = x/2$$

அல்லது $4x_1 = (x/2) - 4x_2$

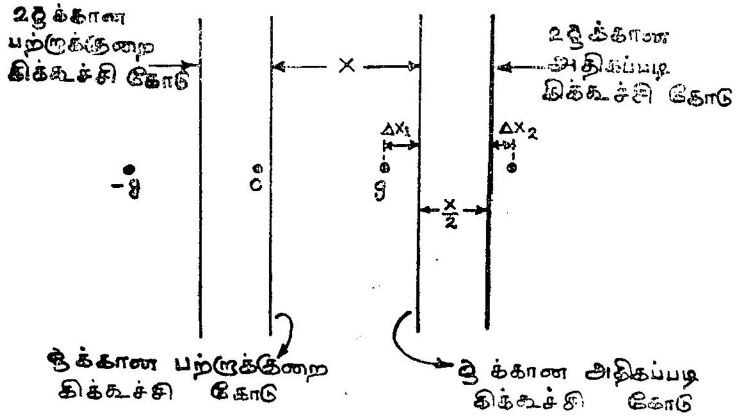
ஏனெனில் $x/2$, $4x_2$ ஆகிய இரண்டின் மதிப்புகளை மிகவும் நுணுக்கமாக அளந்தறிய முடியும். ஆகையினுல், அவைகளின் உதவியினுல் $4x_1$-ன் மதிப்பை நுணுக்கமாகக் கணக்கிட்டறிய முடியும். $-x/2$ என்ற மதிப்பிற்கு Sg-ன் மதிப்பு $Sg = -g^2 \lambda/2$ என்பதாகும். ஆகையினுல் $x/2$, $4x_2$ இவைகளிலிருந்து கணக்கிடப்பட்ட $4x_1$-ஐப் பயன்படுத்தி,

$$Sg = g^2 \lambda \left(\frac{4x_1}{x}\right)$$

என்பதாகிறது.

மேற்கண்ட விளக்க முறைகளிலிருந்து, கிக்கூச்சிக் கோடுகளைப் பயன்படுத்தி, $\vec{B}$-ன் சரியான தீர்மானத்தை அடைய முடியுமென்பதும், Sg-ன் மதிப்பை அளந்தரிய முடியுமென்பதும் நன்ருகத் தெரிகின்றன. மேலும், கிக்கூச்சிக்கோடுகள் படிகத்தைச் சுழற்றும் போதோ அல்லது திருப்பும் போதோ (Tilt) நகர்கின்றன என்பதை அறிந்தோம். இந்தத் தன்மையைப் பயன்படுத்தி எலக்ட்ரான் கற்றையின் திசையைக் குறிப்பாகக் கொண்டு அல்லது அடிப்படையாக வைத்து உருமாதிரியின் (Specimen) தொடக்க இயல்பு (Orientation) எவ்வாறு மாறுகிறது என்பதைக் கண்டறியலாம், உண்மையில் கிக்கூச்சிக் கோடுகளின் பெரும்பாலான உபயோகம் விளிம்பு விளைவு நிபந்தனைகளை

(அதாவது $\vec{B}$, g, Sg இவைகளின் விளக்கங்கள்) சரியாகத் தேர்ந்தெடுத்து கட்டுப்படுத்தி அவைகளின் அடிப்படையில் எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் படிகங்களின் பிம்பங்களைத்



படம் 5 5-3

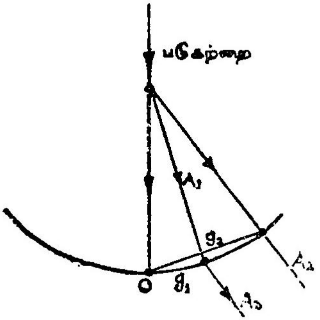
இரண்டாம் வரிசை கிக்கூச்சிக்கோடுகளைப் பயன்படுத்தி ஒரு விளிம்பு விளைவு அமைப்பிலிருந்து Sg-ஐ கணக்கிட்டறியும் முறையை விளக்கும் படம்.

தெளிவாக உண்டாக்குவதற்கு அல்லது ஏற்படுத்துவதற்குப் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. இவைகளை எம்முறையில் கையாளப் பட்டுப் பயன்படுத்தப் படுகின்றன என்பதை இன்னும் நன்றாகக் கிக்கூச்சிப் படங்கள் (Kikuchi Maps) விளக்குகின்றன.

6. ஒரு தனிப்படிகத்தில் ஏற்படும் இரட்டை விளிம்பு விளைவு

சிதறலின் போது எலக்ட்ரான்கள் திடமாக (Strongly)ச் சிதறுவதால் ஒரு விளிம்பு விளைவுக் கற்றையின் மறு சிதறல் (Rescattering) ஒரு திடமான விளிம்பு விளைவுக் கற்றையை ஏற்படுத்துகிறது. இங்கே கட்டமைப்பு எண் (Structure factor) குறிப்பாய்வுகள் இந்தக் கற்றையின் செறிவு சுழியாக (Zero) இருக்க வேண்டுமென்று கூறுகின்றன. கீழே கொடுக்கப்படும் விளக்கம் இரட்டை விளிம்பு விளைவு (Double Diffraction) எவ்வாறு எந்த நிபந்தனைகளில் (Conditions) ஏற்படுகிறது. விளிம்பு விளைவுப் புள்ளிகள் (Diffraction Sports) எப்படி உண்டாக்கப்படுகின்றன. இவைகளை எப்படி அடையாளம் கண்டு கொள்ளலாமென்பனவற்றை விளக்கிக் காட்டுகின்றன.

ஈவால்டு கோள அமைப்பின் (Ewald sphere construction) உதவியால், விலக்கப்பட்ட அல்லது தவிர்க்கப்பட்ட (Forbidden) விளிம்பு விளைவுப்புள்ளி எந்த நிபந்தனையின் கீழ் தோன்றுகிறது என்பதை எளிதில் அறியலாம். அதாவது அதிக அல்லது பெரிய



படம் 5 6-1

இரட்டை விளிம்பு விளைவை விளக்கிக் காட்டும் படம்

பட விளக்கம்

இரட்டை விளிம்பு விளைவு உண்டாவதைக் கட்ட வரையப்பட்டுள்ள ஈவால்டு கோள அமைப்பு இதில் A_3 - என்ற கற்றை இரட்டைத் தன்மையில் விளிம்பு விளைவாக்கப்படுவதோடு, இணையாகவும் இருப்பதால் A_2 - விலிருந்து பிரித்து தெளிவாக (Distinguishable) அறிய முடியாது. A_2 என்ற கற்றை g_2-க்குத் தொடர்பான தளங்களிலிருந்து விளிம்பு விளைவாக்கப்படுகிறது. இதனுடைய கட்டமைப்பு எண் (Structure factor) சுழியாகும்.

கட்டமைப்பு எண்ணைக் கொண்ட g_1 க்குத் தொடர்பான ரெசிப் புரோக்கல் லேட்டீஸ் புள்ளி ஈவால்டு கோளத்தில் இருந்தால், படத்தில் காட்டியிருப்பது போன்று A_1 என்ற திசையில் ஒரு திடமான (Strong) விளிம்பு விளைவுக் கற்றை உண்டாக்கப் படுகிறது. அதே போன்ற தன்மையில் g_2-உம் அந்த கோளத்தில் இருந்தால் A_2 என்ற திசையில் ஒரு விளிம்பு விளைவுக் கற்றை எதிர்பார்க்கப்படுகிறது. எவ்வாறேனும், g_2-வினுடைய கட்டமைப்பு எண் (Structure factor) சுழியாக இருந்தால், A_2-வின் செறிவு (Intensity) சுழியாக இருக்கும். ஆனால். g_1 g_2 இவைகளுக்குச் செங்குத்தான தளங்களினால் A_1-என்ற கற்றை மறு விளிம்பு விளைவாக்கப்படுவதால் (Rediffraction), அது A_3 என்ற கற்றை உண்டாக்கப்பட்டு, இணையாகவும் இருப்பதால், A_2-விலிருந்து பிரித்தறிய முடியா (Indistinguishable) நிலையில் உள்ளது.

ஆகையினால் தவிர்க்கப்பட்ட ஒரு பிரதிபலிப்பு (Reflection) தோன்றுவதற்கான தேவைகள் ;- குறைந்தது இரண்டு ரெசிப்புரோக்கள் லேட்டீஸ் புள்ளிகள் ஈவால்டு கோளத்தில் இருக்க வேண்டும். அவைகளிலிரண்டில் ஒன்றின் கட்டமைப்பு எண் சுழியாக இருக்க வேண்டும். பழைய இடைவெளி லேட்டீஸி (Primitve space lattice) லுள்ள லேட்டீஸ் புள்ளிகளிலிருந்து ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸிலுள்ள புள்ளிகளின் குறியீட்டெண் (Indices) களைத் தருவிக்கப்படுவதால் அல்லது உண்டாக்கப்படு வதால் ஒவ்வொரு லேட்டீஸ் புள்ளியிலும் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட அணுக்கள் இருந்தாலொழிய அல்லது ஒரே லேட்டீஸ் புள்ளியில் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட அணுக்களின் தொடர்பு இருந்தாலொழிய தவிர்க்கப்பட்ட பிரதிபலிப்புகள் (Forbidden Reflections) ஏற்பட முடியாது. ஆகையினால் இரட்டை விளிம்பு விளைவால் உண்டாக்கப்படும் அதிகப்படியான புள்ளிகள் தோன்றுவ தற்கான வாய்ப்புகள் இருக்க முடியாது.

உதாரணமாக, ஒரு பக்க மைய கன சதுர படிகத்தில் (*f.c.c.*) ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸின் நேர் பெயர்ச்சிகள் (Translations) $\frac{1}{a}[11\bar{1}]$, $\frac{1}{a}[\bar{1}11]$, $\frac{1}{a}[1\bar{1}1]$ என்பனவாக உள்ளதில் இவ் வெக்டார்களின் மொத்தத்தைக் கண்டால் முடியுமான எல்லாப் பிரதிபலிப்புகளுக்குமான குறியீட்டெண்களை அடைய முடியும். 110, 100...முதலிய பிரதிபலிப்புகள் சாதாரணமாகத் தவிர்க்கப் பட்ட பிரதிபலிப்புகள் என்று கூறப்பட்டுள்ளன. ஆனால், இவைகள் உண்மையிலேயே தவிர்க்கப்பட்ட பிரதிபலிப்புகள் அல்ல. ஏனெனில், இவைகள் ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸ் புள்ளிகளுக்கு உகந்தவைகள் அல்ல. இவைகளை இந்த வெக் டார்களைக் கூட்டுவதால் பெற முடியாது. பக்க மைய கன சதுரத்திலும், (*f c c*), பொருள் மைய கன சதுரத்திலும் (*b c c*) உள்ள படிகங்களில் தவிர்க்கப்பட்ட பிரதிபலிப்புகள் என்று கூறப் படுகின்ற அல்லது அழைக்கப்படுகின்ற (so-called) பிரதி பலிப்புகள் தோன்றுவதற்குக் காரணம் ஒரு புராதனமற்ற அல்லது பிரிமிட்டிவ் அற்ற (Non-primitive) செல்லைப் (cell) பயன் படுத்திக் கட்டமைப்பு எண்களைக்கணக்கிடுவதால் ஏற்படுகின்றன. எவ்வாறாயினும், அவ்வாறான படிகங்களில் உள்ள புராதன செல் (Primitive cell) ஒரே ஒரு சிதறும் மையத்தையுடையதாக இருக்கிறது. ஆகையினால் அதனுடைய கட்டமைப்பு எண் $F(O)$ ஆகும். இது பிரதிபலிப்பின் குறியீட்டெண்களான (*hkl*)-ஐக் சார்ந்திருப்பதில்லை.

$$F(o) = \sum_a f(\theta) \exp - 2\pi i (hua + kva + l w a)$$

இதில் hkl என்பன பிரதிபலிப்பின் குறியீட்டெண்கள். Ua, Va, Wa சிதறும் மையத்தின் நிலைகளை வரையறுக்கின்றன. ஒரே சிதறும் மையம் (Scattering centre), (000)-வில் இருந்தால், $F(\theta) = 1$. இது (hkl) எல்லா மதிப்புகளுக்கும் பொருந்தும். ஆகையினுல் (hkl) மதிப்பைச் சார்ந்திருக்கவில்லை. விளிம்பு விளைவின் பெருமங்களை இரட்டை விளிம்பு விளைவினுலானதா என்று பிரித்தறிய அப்புள்ளியைக்கொண்ட திசையில் படிகத்தைச் சுழற்ற வேண்டும். இவ்வாறு சுழற்றும் போது புள்ளியின் செறிவு மாருமலிருந்தால் அது இரட்டை விளிம்பு விளைவால் உண்டாக்கப்பட்டதல்ல என்றும், g_1-ஐக் கிளர்ச்சி செய்யாத பொழுது அப்புள்ளி மறைந்து விடும் தன்மையுடைய தென்றும் அறிந்து கொள்ளலாம்.

7. எலக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவு அமைப்பிலிருந்து கிடைக்கக்கூடிய குறிப்புகள்

பரிசோதிக்கப்படுகின்ற மாதிரியின் தள இடைவெளித் தூரங்களை (d. spacings) தீர்மானித்து விட்டால், மேற்படி அவைகளைக் கொண்டு பல குறிப்புகளை அடைந்து விடலாம். மேலும் வேண்டிய பல குறிப்புகளை அறிய மாதிரியினுடைய கட்டமைப்பு அல்லது அடிப்படையான சிறிய பகுப்பாய்வு முதலானவைதாகத் தேவைப்படுகிறது முழுவதும் ஒன்றுமே தெரியாத செய்பொளுக்குக் கீழே கொடுக்கப்பட்ட விபரங்களைத் தீர்மானித்தறிய முடியும்.

(அ) உரு மாதிரி எந்தப் படிக லேட்டீஸையைச் சார்ந்தது.

(ஆ) அதனுடைய லேட்டீஸ் பராமீட்டர், அதாவது, a, b, c, α, β, r இவைகளின் மதிப்புக்கள்.

(இ) வீழ்படிவுகள் (Precipitates), உள்ளடக்கங்கள் (Inclusions அல்லது இரட்டைகள் (Twins) முதலியவைகளுக்கும், அவைகளைச் சுற்றியுள்ள மெட்ரிக்ஸு (Matrix)க்கும் உள்ள தொடக்கத் தொடர்புகள்.

(ஈ) ஒரு உரு மாதிரியினுடைய ஒரே பகுதியின் பிம்பத்தையும், அதிலே உண்டாக்கப்படும் விளிம்பு விளைவு அமைப்பையும் சம்பந்தப்படுத்தி அல்லது தொடர்புண்டாக்கி (Correlating) படிகவியல் தொடத்திற்கான எல்லாவிதமான குறைபாடு (Defects) களையும், இடமாற்றங்கள் (Dislocations) ஸ்டேக்கிங்

பால்ட்ஸ் (Stacking faults), வெற்றிடங்கள் அல்லது சூனியங்கள் (Voids), ஓரக் கோடுகள் (Boundaries) முதலியவைகள் மெட்ரிக்ஸில் இருந்தால் அவைகளையும்

(உ) தெரியாத செய் பொருளின் சரியான கூட்டு சேர்க்கை (Composition) யையும்.

எலக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவு அமைப்பின் பகுப்பாய்வு

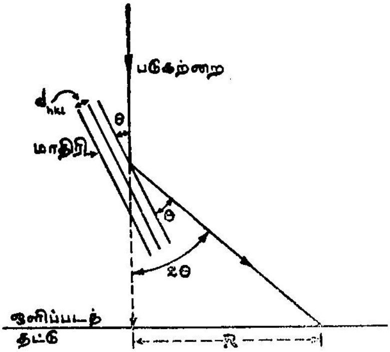
ஒரு விளிம்பு விளைவு அமைப்பில் இரண்டு விதமான குறிப்புகள் அல்லது விபரங்கள் (Informations) அடங்கியுள்ளன. (அ) மையப் புள்ளிக்கும், மற்ற விளிம்பு விளைவுப் புள்ளிகளுக்கும் இடைவெளியமைப்பு. இதை R எனக் குறிக்கப்படுகிறது. (ஆ) மையப்புள்ளியை ஒவ்வொரு விளிம்பு விளைவுப் புள்ளியோடு சேர்ப்பதால் உண்டாக்கப்படும் இடைக்கோணம், (இது ϕ எனக் குறிப்பிடப்படும்), மையப்புள்ளியின் செறிவோடு ஒப்பிடப்பட்ட முறையிலான மற்ற விளிம்பு விளைவுப் புள்ளிகளின் செறிவுகள்.

விளிம்பு விளைவு அமைப்பில் மேலும் பல நுண்ணிய கட்டமைப்பு (Fine structure) விபரங்கள் அடங்கி இருக்கக்கூடும். ஆனால், விளிம்புவிளைவுப் புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள தூரங்கள், அதாவது R-ன் மதிப்புகள் (பொதுவாக இவைகளை ஒளிப்படல தகட்டிலிருந்து (Photographic plate) நேரடியாக மி மீட்டர்களில் அமைக்கப்படுகின்றன). β என்ற கோணங்களின் மதிப்புகள் விளக்கத்திற்கான குறிப்புகளை அல்லது விபரங்களை உடனே தந்துதவுகின்றன, R-ன் அளவு மதிப்புகளிலிருந்து d இடைவெளிகளின் (d-spacing) மதிப்புகளை, ஒரு மாதிரிக்காகக் கணக்கிட்டறிய முடியும். ஆனால், முதன்முதலில் இவ்விரு பராமீட்டர்களையும் இணைக்கும் சமன்பாட்டைப் பெறவேண்டும்.

8. $R d = \lambda L$ என்ற அடிப்படையான சமன்பாட்டைப் பெறுதல்

எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியை ஒரு எளிய விளிம்பு விளைவு கேமிராவாக (Camera) எடுத்துக் கொள்வோம். இதில் எலக்ட்ரான் கற்றை ஒரு மாதிரியில் பட்டு, விளிம்பு விளைவாக்கப் பட்டு, படத்தில் காட்டப்பட்டிருப்பது போன்று, விளிம்பு விளைவு அமைப்பின் மையத்திலிருந்து R தூரத்தில் ஒரு விளிம்பு வளைவுப் புள்ளியை ஒளிப்படத் தகட்டில் ஏற்படுத்துவதாக எடுத்துக் கொள்வோம். மாதிரிக்கும் (Specimen) ஒளிப்படத் தகட்டிற்கும் இடையேயுள்ள பொருளருகு, எடுத்தெறியும் வில்லைகள் (Objective and projector lenses) இருப்பதாகக் கொள்ளாமல், மாதிரிக்கும்,

தட்டிற்கும் இடையேயுள்ள தூரம், அதாவது கேமிரா மாறிலி அல்லது கேமிரா நீளம் (Camera length) L-ஐ எளிய வடிவியல் தன்மையின்படி



படம் 5 8-1

கேமிரா மாறிலியைக் கணக்கிடப் பயன்படும் விளக்கம்

$$\tan 2\theta = R/L$$

பிரேக் விதி கூறுவதின்படி,

$\lambda = 2d \sin \theta$ என்பதாகும்.

எலக்ட்ரான்கள் விளிம்பு விளைவாக்கப்படும் கோணங்கள் மிகவும் சிறியவைகளாக 1° முதல் 2°க்குள் இருப்பதால்,

$$\tan 2\theta = 2 \sin \theta$$

என்று எழுதுவதினால் ஏற்படும் பிழை மிக மிகச் சிறியதேயாகும் ஆகையினால்,

$$2 \sin = \frac{R}{L}$$

மேலும், $2 \sin \theta = \dfrac{\lambda}{d}$

அதாவது, $\dfrac{R}{L} = \dfrac{\lambda}{d}$

$$R\, d = \lambda\, L$$

இச் சமன்பாட்டில், R, L, λ இவைகளின் மதிப்புகளை ஒரு குறிப்பிட்ட விளிம்பு விளைவுப் புள்ளிக்கோ அல்லது வளையத் திற்கோ, (Ring) அளந்தறிந்துவிட்டால், அவைகளை உண்டாக்கிய லேட்டீஸ் தளங்களிடையேயுள்ள ∝-இடைவெளியை (d-spacing) தீர்மானித்து விடலாம். இதே செய்முறையை (Procedure) ஒரு விளிம்பு விளைவு அமைப்பிலுள்ள எல்லாப் புள்ளிகளுக்கும் அல்லது வளையங்களுக்கும் திரும்ப திரும்பச் செய்யப்பட்டு அந்த மாதிரியில் பிரதிபலிக்கும் எல்லாத் தளங்களின் d-இடைவெளிகளைக் (d-spacing) கணக்கிட்டு. அவைகளை வரியாகத் தொகுத்து ஒரு பட்டியல் (List) தயார் செய்யப்படுகிறது. இவ் விதமான முறையைப் பின்பற்றி கீழ்க்காணும் விபரங்களைத் தீர்மானிக்கலாம்.

1. ஒரு படிகத் தளங்களுக்கிடையேயுள்ள தூரங்களைக் கணக்கிட்டறியலாம்.

2. ஒரு விளிம்பு விளைவுப் புள்ளிக்கு [hkl] மதிப்புகளைக் கொடுக்கலாம்.

3. படிகத் தளங்களுக்கிடையேயுள்ள கோணங்களைத் தீர் மானித்தறிந்து, படிகத்தின் உண்மையான கட் டமைப்பைத் தீர்மானம் செய்யலாம்.

4. பல விளிம்பு விளைவுப் புள்ளிகளுடைய ஒரு விளிம்பு விளைவு அமைப்பைக் குறியிடலாம் (Indexing)

5. விபரம் தெரியாத ஒரு மாதிரியின் விளிம்பு விளைவு அமைப்பைக் குறியீடு செய்யலாம்.

9. எலக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவு பகுப்பாய்வைப் பயன்படுத்துதல்

எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் பரிசோதிக்கப்படும் ஒரு உரு மாதிரி அல்லது உரு மாதிரியில் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட பரப்பு படிகவியல் தன்மையுடையதாக அல்லது படிகத்தின் ஒழுங்கு முறையை உடையதாக இருக்கின்றபொழுது எலக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவு பகுப்பாய்வு, மற்ற முறைகளினால் அல்லது வழிகளில் மிகத் தெளிவாகவும், நுணுக்கமாகவும் கொடுக்க முடியாத பல விபரங்களை அல்லது குறிப்புகளை (Informations) அறிவிக்கின்றன.

ஒரு எளிய படிக விளிம்பு விளைவு அமைப்பிலிருந்து கீழ்க் காணும் விபரங்களை அல்லது குறிப்புகளைப் பெறலாம்.

1. எலக்ட்ரான் கற்றை மாதிரியினுடைய பிம்பம் இவை களை வைத்துக் குறிப்பிட்ட (With respect to) அணுக் களின் (Atoms) அல்லது மூலக்கூறுகளின் (Molecules தளங்களின் தொடக்க இயல்கள் (Orientation)

2. அணுக்களின் தளங்களின் தொடக்க இயல்கள் மூலக் கூறுகளின் தளங்களின் தொடக்க இயல்கள் இவைகள் ஒன்றுக்கொன்று எவ்விதத் தொடர்புடையன என்பதும் மாதிரியின் பரப்பிலுள்ள படிகவியல் கட்டமைப்பும் (Crystallographic structure)

3. தளங்களுக்கிடையேயுள்ள இடைவெளிகளை (d-spacing) கணக்கிட்டு அத்தோடு (2) - லுள்ள விபரங்களையும் சேர்த்துப் பயன்படுத்தி மாதிரியின் பரப்பிலுள்ள வேதிய கூட்டுச் சேர்க்கையை (Chemical composition) அறியலாம்.

பொதுவாக முறைகளில் கவனிப்போமாளுல், எண் [1]-ல் படைக்கும் குறிப்புகள் அல்லது விபரங்கள் உலோக வல்லுனர் களுக்கு (Metallurgists) மிகவும் முக்கியத்துவம் வாய்ந்தவை களாகும். ஏனெனில், இக் குறிப்புகள் தொடக்க இயல்களிலுள்ள குறைபாடுகள் (Defects) உள்ளடக்கங்கள் (Inclusion), வீழ்படிவு கள் (Precipitates) முதலியவைகளையும். அவைகளைச் சுற்றியுள்ள திரிபுப்புலங்கள் (Strain fields) அவைகளால் ஏற்படும் விளைவு களைத் தீர்மானிக்கின்றனர். மாதிரியினுடைய கட்டமைப்பு (எண் 2) படிகவியல் வல்லுநர்களுக்கு (Crystallographists) முக் கியத்துவம் வாய்ந்ததாகும். ஏனெனில், அவர்கள் இத்தன்மை யான மற்றப்பகுப்பாய்வுடன் தொடர்புகொண்ட உலோகவியல், உயிரியல் மேலும் மற்றச் செய்பொருள்களை ஆராய்ந்து அறி கின்றனர். எண் [3] - குறிப்பிட்ட சேர்க்கைக் குறிப்புகள் மாதிரி யில் உள்ள தெரியாத செய் பொருளைக் (Material) கண்டறிய ஆராய்பவர்களுக்கு முக்கியத்துவம் வாய்ந்ததாகும். ஏனெனில், இத்தன்மையான குறிப்புகளினுல் முன்னர் அறியாத ஒரு வீழ்ப்படி வின் தன்மையைக் கண்டறியலாம். ஓர் உலோகச் சேர்க்கையில் (Metal alloy) ஒரு வீழ்படிவிலிருந்து கிடைக்கும் குறிப்புகளி லிருந்து அது எத்தன்மையான வீழ்ப்படிவு, அதிலுள்ள உலோகங் கள் எந்த விகிதத்தில் சேர்ந்துள்ளன என்பதை அறியலாம்.

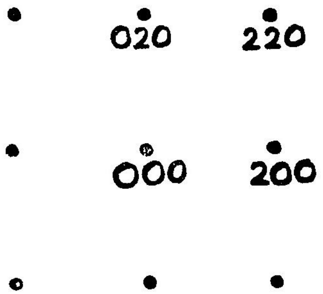
10. தொடக்கவியலைத் தீர்மானித்தல் (Orientation determinations)

ஒரு கூட்டாக உள்ள விளிம்பு விளைவு அமைப்பிலுள்ள ஒவ் வொரு புள்ளியையும் நன்ருகப் பகுத்தறிந்து அதை ஒரு குறிப்

பிட்ட படிகத்தைச் சேர்ந்தது எனத்தீர்மானித்தறிலாம். இவ்வாறு தீர்மானிப்பதற்கு விளிம்பு விளைவு அமைப்பிலுள்ள ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் 'இருள் புலம்' (Dark field) உண்டாக்கப்பட்டு சரி பார்க்கப்படுகிறது. இவ்வாறு சரி பார்க்கின்றபோது ஒரு விளிம்பு விளைவுப் புள்ளியில் இருள்புலம் ஏற்படுத்தினால், அந்தப் புள்ளியை ஏற்படுத்தியபடிகம் ஒளியாகத்தென்படும். இதிலிருந்து அப்படிகத்தின் விளிம்பு விளைவுப் புள்ளிதான் என்று அறிந்து கொள்ளலாம் மற்றப் படிகங்கள் இருளாகத் தென்படும். உதாரணமாக, மூன்று நான்கு புள்ளிகளில் இருள்புலம் (Dark field) ஏற்படுத்தும் போது ஒரேபடிகம் ஒளியாகத் தென்பட்டால் அந்தப் புள்ளிகள் அனைத்தும் அதே படிகத்தினால் ஏற்படுத்தப்பட்ட விளிம்பு விளைவுப்புள்ளிகள் என்பது தெரியும். இவ்வாறு சரி பார்க்கின்ற பொழுது ஒன்று அல்லது இரண்டு புள்ளிகளில் இருள்புலம் உண்டாக்கும்போது முதல் ஒளியாகக் (Bright) தென்பட்ட படிகம் இருளாகத் தென்பட்டால் இப் புள்ளிகள் அந்தப் படிகத்தைச் சேர்ந்தவையல்ல. இதற்கு ஒத்த மற்றொரு படிகம் ஒளியாகத் தெரியும். இதிலிருந்து எந்தெந்த விளிம்பு விளைவுப்புள்ளி எந்த படிகத்தைச் சேர்ந்தது என்பதை எளிதில் கண்டறியலாம். ஒரு இருள்புலப் (Dark field) பிம்பம் உண்டாக்குவதற்கு இரண்டு முறைகள் உள்ளன. முதல் முறையின்படி பொருளருகுத் துளையைச் சரிசெய்து, அது விளிம்பு விளைவு அமைப்பில் மையப் புள்ளியைச் சுற்றியமைவதற்குப் பதிலாக ஒரு குறிப்பிட்ட விளிம்பு விளைவுப் புள்ளியைச்சுற்றி அமையும்படிச் செய்யும்போது அப்புள்ளியில் இருள்புலம் (Dark field) உண்டாக்கப்படுகிறது. இதற்கு இருள்புலப்பிம்பம் (Dark field image) என்று கூறப்படும் இரண்டாவது முறையில் படுகற்றையைத் திருப்பி ஏற்கனவே உள்ள மையப்புள்ளியை ஒரு பக்கமாக ஒதுங்கிச் செல்லும்படியாகச் செய்து அந்தப் புள்ளி இருந்த இடத்திற்கு. வேண்டிய மற்றொரு விளிம்பு விளைவுப் புள்ளியை வரும்படிச்செய்து பின்னர் மறுபடியும் பிம்பமுண்டாக்கும் இயக்கமுறை மாதிரிக்குச் (Mode of operation) சென்று இருள் புலம் படம் உண்டாக்க வேண்டும். இம்முறைப்படி, அதாவது விளிம்பு விளைவுப் புள்ளியை ஏற்படுத்திப் பின்னர் அதில் இருள்புலம் ஏற்படுத்தி பகுப்பாய்வு செய்து ஒன்றின்மீது ஒன்று சேர்ந்து ஏற்படுத்தப்பட்ட இரு விளிம்பு விளைவு அமைப்புகளைப் பிரித்து, பகுப்பாய்வு செய்து அவைகளுக் கிடையேயுள்ள தொடக்கவியல் தொடர்புகளை அறியாலம்.

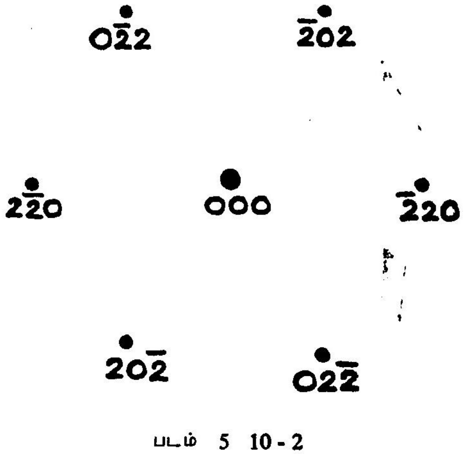
எப்படியாயினும், மாதிரியினுடைய இருவெவ்வேறான பரப்புகளில் தனித்தனியாக விளிம்பு விளைவு அமைப்புகளை ஏற்படுத்த

வசதியானபொழுது, தனியாக விளிம்பு விளைவு அமைப்புகளை ஏற்படுத்திப் பின்னர் அவைகளைக் குறியீடு செய்ய வேண்டும். இவைகளிலிருந்து ஒவ்வொரு விளிம்பு விளைவு அமைப்பின் மண்டல அச்சை (zone axies) கணக்கிடப்பட வேண்டும். மண்டல அச்சைக் கணக்கிடும் முறை முன்னரே கூறப்பட்டுள்ளது. இவ்விரு பரப்புகளிலுள்ள தொடக்க இயல் தொடர்புகளை (Orientation relationship) மண்டல அச்சுகள் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக இருந்தால் கீழேயுள்ள படங்களில் காட்டப்பட்டிருப்பது போன்று



படம் 5 10-1

படிகம்—அ. மண்டல அச்சு [001]



படம் 5 10-2

படிகம்—ஆ. மண்டல அச்சு [111]

இரு பக்க மைய கனசதுர (*f.c.c.*) படிகங்களினால் ஏற்படுத்தப்பட்ட விளிம்பு விளைவு அமைப்புகளில் பகுப்பாய்வு மூலம் அவைகளுக்கான தொடக்கயியல்புத் தொடர்பினைத் தீர்மானித்தல்.

[001] அ 11 [111] ஆ : [200] அ 11 [220] ஆ

என்று குறிப்பிடலாம். ஒரு விளிம்பு விளைவு அமைப்பிலுள்ள [200] என்ற குறியீட்டெண்களின் திசை தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட விளிம்பு விளைவான [220] என்ற புள்ளிக்கு இணையாக மற்ற விளிம்பு விளைவு அமைப்பில் இருப்பது காட்டப்பட்டுள்ளது. இங்கு கொடுக்கப்பட்டுள்ள விளிமபு விளைவு அமைப்புகள் இரண்டும் இரு படிகங்கள் அ, ஆ பக்க மைய கனசதுர (f.c.c) படிகங்களின் கட்டமைப்புகளின் தோற்றமாகையினுல். இவ்விரு படிகத் தொடக்க இயலுக்குள்ள தொடர்பினை.

[001] அ 11 [111] ஆ என்றிருப்பதால்,

[200] அ 11 [220] ஆ

என்று இருக்கின்றன என்று காட்டி எழுதலாம்.

6. உரு மாதிரி தயாரிக்கும் முறைகளும் அதன் நுணுக்கங்களும்

ஒரு நல்ல உருமாதிரி (Specimen) பல நிபந்தனைகளுக்கும் ஒத்ததாக இருக்க வேண்டும் மாதிரிகளைத் தயாரிக்கப் பல முறைகள் இருந்தாலும், அவைகள் அனைத்தும் ஒன்றுக்கொன்று ஒத்த சமமான தன்மைகளை உடையன. மாதிரியினுடைய ஒரு அவசியமான தன்மை, அதனுள் எலக்ட்ரான்கள் புகுந்து செல்லும் தன்மையுடையதாக இருக்க வேண்டும். இது மிகவும் அத்தியவசியமானதாகும். ஆனால், இந்த ஒரு தன்மைதான் எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி ஆராய்ச்சிக்குத் தேவையானதென்று எண்ணிவிடக் கூடாது. இதேபோன்று அதிமுக்கியத்துவமானது அதிக அளவான பொருளில் உள்ள அமைப்பு (Structure) என்னவோ அதே அமைப்பு தயாரிக்கப்பட்ட மாதிரியிலும் இருக்க வேண்டும். அதாவது உரு மாதிரி என்பது பொருளினுடைய உண்மைப் பிரதிநிதியாகத் திகழ வேண்டும், இன்னும் தெளிவாகக் கூற வேண்டுமானால், பொருளிலுள்ள நுண்ணிய அமைப்பு (Micro-structure) மாதிரி தயாரிக்கின்றபோது மாறிவிடக் கூடாது. இந்தக் காரணங்களுக்காக மாதிரிகள் தயாரிப்பதற்குப் பெரும்பாலும் வேதியல் அல்லது மின் வேதியல் (Electro-chemical) முறைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ஆனாலும், அநேக பொருள்களுக்கு எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் காணும் அமைப்புதான் பெருமளவிலுள்ள பொருளினுடைய உண்மையான அமைப்பே என்பதை எடுத்துக்காட்டப்படுவதில்லை என்பதையும் மனதில் கொள்ள வேண்டும், இத் தன்மையான பிரச்சினைகளை (Problems) மில்லியன் அல்லது மில்லியனுக்கும் அதிகமான ஒல்ட் (Volt) எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியினால்தான் தீர்க்கப்படவேண்டும்.

நல்ல உரு மாதிரிக்கான மற்றுமொரு வரையறை அல்லது குறுக்கீடு (Limitations) ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட பலவிதமான நுண்ணிய அமைப்புகள் (Micro-structure) சேர்ந்து ஒரே நேரத்தில் பார்வைத் தளத்தில் கிடைக்கும்போது, நுண்ணிய அமைப்புகளைப் பற்றிய விளக்கம் தருவது அல்லது எடுத்தியம்புதல் மிகவும் கடினமாகும். அதிக உயர்ந்த வோல்ட் (Volt) எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகளில் மிகத் தடிப்பான (Thick) மாதிரிகளைப்

பயன்படுத்துவதால் ஏற்படும் எதிர் பலன்கள் (Disadvantages) பயனற்ற தன்மையுடையன; அதாவது ஒரே மாதிரியான தொடர்ந்துள்ள படமெடுக்கும் தன்மையைப் பயன்படுத்தி அமைப்புகளின் தன்மையைப் படித்தறிய வேண்டும். மேலும், மாதிரியிலிருந்து தேவைப்படும் பகுப்புத்திறன் (Resolution) மாதிரியினுடைய தடிமனைக் கட்டுப்படுத்துகிறது. ஆனால், பல அமைப்புத் தன்மைகளில், அவைகளே சிறியவைகளாக இருப்பதாலும் இடமாற்றுத் தன்மை (Dislocations) பெரிய பிம்பங்களாகக் கிடைப்பதாலும் பகுப்புத்திறன் ஒரு பெருந் தடையாக இருக்காது.

மாதிரியின் தடிமன் எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் பகுப்புத் திறனைக் (Resolution) குறைக்கும். அதனால் பிம்பத்தில்கிடைக்கும் விளக்கக் குறிப்புகளையும் தடை செய்யும் தன்மையுடையது. இது ஏனெனில், மிகத் தடிப்பான மாதிரியிலிருந்து நெகிழ்ச்சியற்ற அல்லது நீட்சியற்ற எலக்ட்ரான் சிதறல் (Inelastic electron-scattering) அதிகரிக்கிறது. இது பேதங் காட்டும் (Loss of contest) தன்மையைக் குறைக்கிறது. மேலும், செறிவையும் குறைக்கிறது. இது மேலும் நிறப்பிறழ்ச்சியை (Chromatic aberration) அதிகரிக்கிறது. ஆகையினால் பகுப்புத்திறன் (Resolution) மிகவும் குறைவாகிறது. இக்காரணங்களால் நல்ல உயர்ந்த பகுப்புத்திறன் (Resolution) தேவைப்படுமென கருதப் பட்டால் மாதிரியினுடைய தடிமனைப்பற்றி நினைப்பது மிகவும் இன்றியமையாததாகும்.

செய்முறையில் மிகவும் முதன்மையானது மாதிரிகளைச் சாதாரணமாகக் கண்ணினால் பார்க்கக் கூடியதாக இருக்க வேண்டும். ஆனால், அதே நேரத்தில் மாதிரி சிதைந்து போகாவண்ணம் (Damage) கையாளுவதற்குப் பலமுள்ளதாகவும், உறுதியாகவும் இருக்கவேண்டும். மாதிரிகளுக்கு மிகவும் அவசியமான நிபந்தனைகளில் இவைகள் முதன்மையானவை களாகும். தகட்டு நுணுக்க முறையில் (Disc technique) இத் தன்மைகள் மிகவும் பாதுகாக்கப்படுவதால் இம்முறை பெரிதும் பயனுள்ளதாகக் கருதப்படுகிறது. மற்றத் தேவையான தன்மை களாவன: எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் மாதிரியை ஆராய்கின்றபொழுது அது உருக்குலையாவண்ணம் (Deformation) உறுதியாக இருக்க வேண்டும். மாதிரியின் பொருத்தமான பரப்பளவு அதைக் கையாளுபவர் என்னென்ன தன்மைகளைக் காண ஆராய்கிறாரோ அவைகளுக்குப் போதுமான அளவு அதிகமாக இருக்க வேண்டும். நுண்ணோக்கியிலிருந்து மாதிரியை

எளிதில் வெளியே எடுத்து, அதை ஆராய்ச்சிக்கூடத்தில் (Laboratory) கொஞ்ச காலம் அது ஆக்சிகரணம் (Oxidising) ஆகாமலும், முறிவடையாமலும் (Breaking) அல்லது அதனுடைய அமைப்பு (Structure) மாறாமலும் பாதுகாக்க வசதியாக இருந்தால் அதிகமான காலம் வீணாகுவதைத் தடுக்கலாம். இத் தன்மையான நல்ல மாதிரிகள், பரிசோதனைகளின் முடிவுகளை மறுபரிசோதனை செய்து சரி பார்ப்பதற்கும் (Checking the results) ஏற்கனவே முன்னர் செய்த ஆராய்ச்சிகளில் மேலும் அதிக விரிவாக (Extensive studies) படித்தறிவதற்காகச் சில காலங்களுக்குப் பின்னர் பயன்படுத்துவதற்கும் மிகவும் வசதியாகவும், பயனுள்ளதாகவும் இருக்கும்.

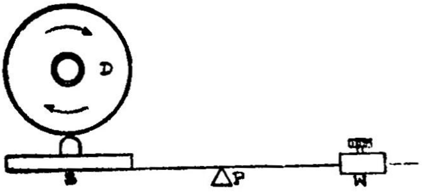
1. தொடக்க முறைகள் (Starting Methods)

1. 1. நறுக்கும் (வெட்டும்) முறைகள் (Cutting methods)

ஒரு பெரிய உலோகத் துண்டுப் பொருளிலிருந்து, சிறிய தொடக்கத் துண்டுகளாக மிக எளிய முறையில் விரைவாகவும் வெட்டி எடுப்பதற்குச் சிறிய இரும்பு வெட்டும் ரம்பம் அல்லது வெட்டும் சக்கரம் (Cut off wheel) முதலியவைகளைப் பயன்படுத்தலாம். இந்த முறைகளில் வெட்டும் போது மிகவும் மெல்லிய நேர்த்தியான துண்டுகளாக (Fine slice) வெட்ட முயற்சி செய்தல் கூடாது. ஏனெனில் இம் முறைகளில் வெட்டும் போது மேல்தளத்திற்குக் கீழ் 200 mm (மைக்ரோ மீட்டர்) வரை மாதிரி பளு தாக்கப்படும். இவ்வாறு பளு தாக்கப்பட்ட எல்லாத் தடுக்குகளையும் (Damaged layers) பின்தொடரும் முறையில் நீக்கப்பட வேண்டும். ஆகையினால், மிகவும் மென்மையான நுணுக்கங்களைக் கையாளுவதே விரும்பத்தக்கதாகும். மிகவும் நேர்த்தியான வெட்டும் கருவிகளைப் (Cutting tools) பயன்படுத்தினால், தள பளுதாக்கலின் (Surface Damage) ஆழம் மிகக் குறைவாக இருக்கும். ஆபரணங்கள் செய்யும் அல்லது நகைகள் செய்யும் ரம்பம் (Jewellers saw) மிகவும் பொருத்தமாகப் பயன்படுத்தலாம்.

மிகச் சிறிய மாதிரிகளை வெட்டுவதற்காக வைரத்தால் உறுதியாக்கப்பட்ட (Diamond-inpregnated) சுழலும் சக்கரம் மற்றொரு மாற்றுக்கருவியாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதில் மாதிரியில் (Specimen) அதிகமான அழுத்தம் ஏற்படாமல் தடுப்பதற்கு வசதியாக ஒரு பளுவைப் பயன்படுத்திச் சமநிலையாக்கப்பட்டுப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதனுடைய எடுத்துக் காட்டான (Typical) அமைப்புகள் கீழே உள்ள படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

எடுத்துக் கொண்ட மாதிரியை மேஜையின் மீது சரியாக வைத்து, அதைக் குறைந்த உருகு நிலையுள்ள (Low molting point) கூட்டாலான (Compound) அரக்கு (Shallac) அல்லது



படம் 6 1-1 (a)

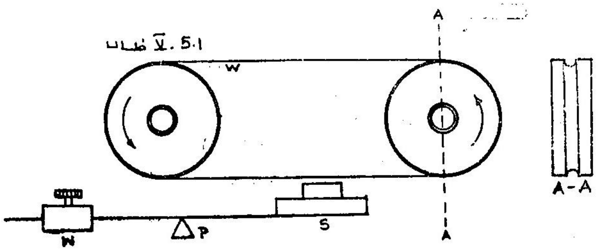
வெட்டும் சுழலும் சக்கரம்

S—மாதிரி (Specimen)
D—வைரச் சக்கரம் (Diamond wheel)
P—சுழல் புள்ளி (Pivot)
W—நகரும் பளு (Movable weight)

டான்வேக்ஸ் (Tanwax) முதலியவற்றால் நன்றாகப் பொருத்தப் படுகின்றன. சரியான அல்லது பொருத்தமான தடை செய்யக் கூடிய அளவையும், சுழலும் வேகத்தையும், வெட்டும் அழுத்தத்தையும் தேர்ந்தெடுத்தால், 100mm மைக்ரோமீட்டர் தடிமனுள்ள துண்டுகளைக் (Slices) கடினமான உலோகத்திலிருந்து மிக வேகமாகவும் அதே நேரத்தில் ஒரு சில மைக்ரோமீட்டர் ஆழத்திற்குப் பளு தாக்கப்பட்ட தடுக்குகளையுடைய (Damaged layers) மாதிரித்துண்டுகளை வெட்டியெடுக்க முடியும். வெட்டு வதில் ஏற்படும் சிக்கலைத் தடுத்து வழுவழுபபாக்க, திசைத்து வ்டிக்கப் பட்ட நீரைப் (Distilled water) பயன்படுத்துவதினால் அது உருமாதிரியை (Specimen) குளிரச்செய்வதோடு, வெட்டுதல் தடையின்றி (Clogging) நடைபெற உதவுகிறது. வெட்டுந் தகடு தடைப்பட்டால் மென்மையான செய்பொருளை (Material) வெட்டியபின், அவைகளை நீக்குவதற்காகவும், வெட்டுதலை மறுபடியும் நன்றாக்க அலுமினியம் (Aluminium) போன்ற கடின மான மாதிரியைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

குறுகிய வெட்டுதலுக்கான மற்றொரு மாற்று முறை நேர்த்தியான கம்பி ரம்பத்தைப் (Wire saw) பயன்படுத்துவ தாகும். இது மிகவும் குறுகிய வெட்டுக்களை உண்டாக்க உபயோகப்படுகிறது. இது மாதிரியின் (Specimen) மீது குறைந்த அழுத்தத்தை (Stress) உண்டாக்குகிறது. இம் முறை மிகவும் நொறுங்குந்தன்மையான (Brittle specimens) மாதிரிகளை வெட்டு வதற்குப் பெரும் பயனை அளிக்கின்றது. இம் முறையின்

குறிக்கோள் யாதெனில், 50 - 300 *Mm* (மைக்ரோமீட்டர்) விட்டமுள்ள ஒரு நேர்த்தியான கம்பி ஒன்று கெரோசின் (Kerosene) போன்ற திரவத்தினால் நனைக்கப்பட்டு (Wetted) மாதிரியின் வழியாகச் செலுத்தப்படுகிறது. தொடர்ச்சியாக வுள்ள ஒரு கம்பிச் சுற்றை (Continuous loop of wire) படத்தில் காட்டியிருப்பது போன்று பயன்படுத்துவது மிகவும் எளிதாகும். ஆனால், இவ்விதக் கம்பிச் சுற்றில் பல சிக்கல்கள் (Several problems) உண்டாக ஏதுவாகின்றது.



படம் 6 1 - 1(b)

கம்பி ரம்பம் (Wire saw)

W—தொடர்ச்சியான கம்பிச் சுற்று (Continuous loop of wire)
S—உருமாதிரி (Specimen)
P—சுழல் புள்ளி (Plvot)

படம் ஆ-ல் காட்டியபடி, கம்பியிலுள்ள பள்ளமான பகுதியின் (வறை) வழி யாகக் (groove) கம்பி தொடர்ந்து நகர்ந்து கொண்டே இருக்கும்.

முதலாவதாக, கம்பியினுடைய இரு முனைகளையும் ஒன்றாக இணைத்து வளையமாகச் (Loop) சேர்க்க வேண்டும். மிகவும் வழவழப்பான, நேர்த்தியான கம்பியில் இதை ஒரே தடிமன் இருக்கும்படியாக இணைப்பது மிகவும் கடினம். வியாபாரத் திற்காக அல்லது விற்பனைக்காக 0.3 m m (மி.மீ) விட்டத்தை யுடைய பிராஸ் வளையங்களும் (Loops of brass), 0.125 mm(மீ.மி) விட்டமுள்ள துருப்பிடிக்காக் கம்பி வளையங்களும் (Loops of stainless steel) கிடைக்கப் பெறுகின்றன. ஆனால், இவ்வித வளையத்தினுடைய ஆயுள்காலம் (Life time) கவனமாகப் பயன் படுத்தும் முறையிலும், கம்பிகளைச் சரியாக ஒரே நேர்கோட்டில் அமைத்துச் சேர்த்து இயக்குவதையும் சார்ந்து உள்ளது. இது மிகவும் குறுகிய காலமாகவிருக்கலாம். மேலும், வெட்டிக் கொண்டிருக்கும் பொழுதே கம்பியினுடைய விட்டம் குறைந்து கொண்டே வருவதைத் தடுக்கமுடியாதாகையினால், மாதிரிகளைக்

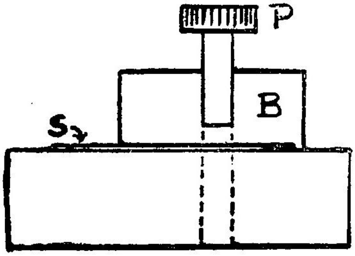
(Specimens) வெட்டி முடிப்பதற்கு முன்பே கம்பி அறுந்து விடுமானால் பெருஞ்சிக்கல்களும் (Problems), இன்றும் பல பிரச்சினைகளும் (Difficulties) ஏற்படுகின்றன.

1. 2. தகட்டிலிருந்து தட்டாகப் பெறல் (Discs from Sheet)

மாதிரிகள் தட்டு வடிவத்தில் தேவைப்பட்டால் வேண்டும் அளவிற்குத் தகட்டிலிருந்து (Sheet) வெட்டி எடுத்துக் கொள்ளப்படுகின்றன. ஒரு தரமான அல்லது நிலையான (Standard) எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் உருமாதிரி தாங்கிகள் (Specimens holders) வழக்கமாக 3 மி.மீ (m m) அல்லது 2.3 மி மீ (m m) விட்டமுள்ள மாதிரிகளைத் தாங்கும் தன்மையுள்ளன. இந்த அளவிலான மாதிரிகளைப் பொதுவாக பெரிய, பொருத்தமான தடிமனுள்ள தகட்டிலிருந்து வெட்டி யெடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. மாதிரிகளை வெட்டியெடுக்கும் பிரபலியமான பல நுணுக்கங்களில் ஒன்று வைரத்தால் உறுதியாககப் பட்ட (Diamond-in pregnated) உள்ளீடற்ற துளைக்கும் கருவியைப் (Drill) பயன்படுத்திச் செய்பொருளிலிருந்து (Material) தட்டுகளை வெட்டிக் கொள்வதாகும். இம்முறை மிகவும் எளிய தன்மையுடையது, அதேநேரத்தில் மிகவிரைவாகவும் செயல்படுத்தலாம். ஆனால், இம்முறை மிகவும் கடினமான செய் பொருளுக்கு மிகவும் உபயோகமானதாகும். ஆகையினால் இம்முறை பளிங்கு அல்லது பீங்கான் (Ceramics) போன்றவைகளுக்கு மிகவும் பயன்படுத்தப் படுகின்றது.

ஆகையினால், தட்டுகள் வெட்டும் முறையில் துளைத்து வெட்டுதலால் (Punching out) தட்டுகள் வெட்ட முடியுமானால் அது மிகவும் பயனுள்ளதாக இருக்கும். ஆனால், பொருத்தமான ஒரு துளை பொருத்தி அல்லது ஜிக் (Jig) செய்யப்பட்டுவிட்டால் சில நிமிடங்களில் பல தட்டுகளை எளிதில் வெட்டிவிடலாம். துளை வெட்டுதலை (Punch) செங்குத்தாகப் பிடித்துக் கொள்ளும்படியாகவுள்ள ஒரு பொருத்தமான ஜிக் (Jig) தயாரித்துக் கொண்டால் ஒரே தளமான தகடு எளிதில் செய்து கொள்ளலாம். பல நுணுக்கமான வழிகள் முடியுமானாலும், அடிப்படையாக ஒரு கூரிய துளையிடும் உருளை எளிதில் செங்குத்தான துளையில் நகரும் வண்ணம் வசதியாகவுள்ள ஒரு பெரிய, கனமான உலோகப் பட்டகம் தேவைப்படுகிறது. படத்தில் காட்டியிருப்பது போன்று மாதிரி தயாரிக்கப்படவிருக்கும் தகட்டை பட்டகத்தின் மேல் அதிலுள்ள செங்குத்துத் துளையை மூடும்படி கிடக்கையாக ஒரே தளமாக இருக்கும்படி வைத்து அதன்மீது *B* என்ற கனமான

பகுதியை வைத்து, பின்னர் P என்ற துளையாக்கியில் ஒரு சிறிய சுத்தியலால் லேசாகத் தட்டினால் அல்லது கையினால் அழுத்தினால் மாதிரியின் வட்டத்தட்டு (Disc) உண்டாக்கப்படும். அதைப் பட்டகத்தின் அடிப்பகுதியிலிருந்து எடுத்துக் கொள்ளலாம்.



படம் 6 1-2
தகட்டிலிருந்து தட்டு துளையிட்டால் எடுத்தல் (Punching disc from sheet)
B—கனமான பட்டகம் (Heavy block)
P—உள்ளீடற்ற துளையிடும் உருளை (Hollow punch)
S—மாதிரியின் தகடு (Specimen sheet)

இம் முறையில் உண்டாக்கப்படும் வட்டத் தட்டில் ஏற்படுத்தப்படும் உருமாற்றப் பகுதி (Deformed region) வட்டத் தட்டின் மையத்தை நோக்கி அதிக தூரம் செல்லுவதில்லை என்று பல உலோக வல்லுனர்கள் (Metallurgists)கருதுகின்றனர். ஆனால், இக் கருத்து மாதிரியின் நுண்பொருளின் அளவு (Grain size) மிகச் சிறியதாக இருக்கும் வரையிலும், துளை உருளை (Punch) மிகவும் கூர்மையாக இருக்கும் வரையிலுமே மிகப் பொருந்தும். நுண் பொருளின் அளவு (Grain size) பெரிதாகவும், துளை உருளை கூர்மையற்றதாகவும் இருந்தால் உருமாற்றப்பகுதி (Deformed region) வட்டத்தின் மையத்தை நோக்கி அதிக தூரத்திற்கு வியாபித்திருக்கும்,

2. இறுதி மென்மையாக்கும் நுணுக்கங்கள். (Final thinning techniques)

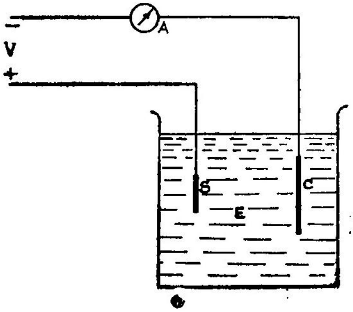
2, 1. மின்னாற் பளபளப்பாக்கல் (Electro-polishing)

பளபளபாக்குதலின் அல்லது மினுமினுக்கலின் இயந்திர நுணுக்கம் (Mechanism) வேதியியல் பளபளப்பாக்குதலை (Chemical polishing) போன்ற தன்மையை உடையதாகும், அதோடுகூட பளபளப்பாக்கும் மின்கலத்திற்கு ஒரு மின்னழுத்தத்தைக்கொடுப்பதன் மூலம் இம் முறையை கட்டுப்பாட்டிற்குள் வைத்துக்

கொள்ள முடிகிறது (More controllable) பளபளப்பாக்கப்படும் பொழுது மாதிரியின் மேற் தளத்தின் மீது குறைந்தது இரண்டு தடுக்குகள் (layers) உண்டாக்கப்பட வேண்டும். இவ்விரண்டு தடுக்குகளில் ஒன்று தடித்த பிசுபிசுப்பான அடுக்கு (Viscous layer) மிகச் சிறிய அல்லது நுண்ணிய (Microscopic) ஒழுங்கற்ற தன்மையைப் பளபளப்பாக்கிக் கட்டுப்படுத்தவும். மற்ருெரு மெல்லிய சவ்வு (Thinner film) போன்ற தடுக்கு மிகவும் நேர்த்தியாகப் பளபளப்பாக்கி மாதிரியைப் பளிச்சென்று வெண்மையாகக் காட்டவும் பயன்படுகின்றன. இந்த இரண்டுவிதமான அடுக்குகளும் (layers) ஒரு எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிக்கான மாதிரி விரிவான மெல்லிய பரப்பை உடையதாக இருப்பதற்கு மிகவும் தேவையானவைகள் தடுக்குகளின் நிலைத்தன்மையையும், அதனுடைய தடிப்பையும் மின்னுற் பகுபொருளின் அடக்கமும் (Electrolyte composition) கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தமும் (Applied potential) கட்டுப்படுத்துவதோடு, மின்னுற் பகு பொருளின் வெப்பநிலையும் கட்டுப்படுத்துகிறது. மேலும், கலக்கும் வேகம் (Stirring rate) எதிர்மின்வாய், நிலத்தொடர்பு (Ground) இவைகளையொத்து அமைந்துள்ள மாதிரியின் தொடக்க இயல்பு (Orientation) முதலியவைகளும் தடுக்குகளின் நிலைத்தன்மையயும் அதனுடைய தடிமனையும் கட்டுப்படுத்தப் பயன்படுசின்றன. ஆகையினுல், பளபளப்பாக்கும் கருவிகளின் கட்டுப்பாட்டில் பல வேறுபாடுகள் உள்ளன. பலவிதமான கலவைகளைக் கூட்டுமுறை (Recipes) களும் உள்ளன. அடிப்படையான பளபளப்பாக்கும் மின்கலம் (Polishing cell) மிகவும எளிமையானது. இதில் மின்னழுத்தத்தைக் கொடுக்கக்கூடிய ஒரு மூலம் (Source of applied potential) மின் சுற்றில் செலுத்தப்படுகின்ற மின்னேட்டத்தை கணக்கிடும் ஒரு அளவைக்கருவி (meter), மின்னுற் பகு பொருளை அடக்கியுள்ள ஒரு தொட்டி (Bath), மாதிரி, ஒரு எதிர்மின்வாய் (Cathode) முதலியவைகள் அடங்கியுள்ளன. ஒரு அடிப்படையான பளபளபாக்கும் மின்கலத்தின் அமைப்பு படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

பளபளப்பாக்குவதற்கான முதற் தேவை, உருமாதிரியில் உள்ள அமைப்பின் முகச்சாயல்கள் (Structural Features) தாக்கப் பட்டு சிதைக்கப்படக்கூடாது. கரையும் தன்மை (Dissolution) படிகவியலின் தொடக்க இயலைச் (Crystallographic orientation) சார்ந்து இருக்கக் கூடாது. செய்முறையில் இந்த நிபந்தனையை மாதிரி (Specimen), பயன்படுத்தப்படும் மின்னுற் பகுபொருள் இவைகளுக்கான மின்னேட்ட - மின்னழுத்த வளை கோட்டை (Current potential curve) பரிசோதித்து அறியலாம். சீரிய

தன்மையில் (Ideally) இது படத்தில் காட்டியபடி இருக்க வேண்டும். படத்தில் *A*-க்கு குறைந்த மின்னழுத்தத்தில் மாதிரியின்மீது ஒரு நிலையான தடுக்கு (Stable layer) உண்டாக்கப் படாமலேயே கரைதல் (disolution) நடைபெறுகின்றது. ஆகையினால் தோண்டப்படும் பரப்பு உண்டாக்கப்படுகின்றது.



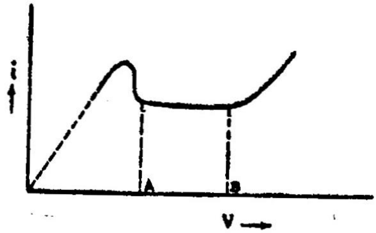
படம் 6 2-1 (a)
பளபளப்பாக்கும் மின்கலம் (Polishing cell)

A - அம்மீட்டர் (Ammeter)
S—உருமாதிரி (Specimen)
C—எதிர் மினவாய் (Cathode)
E—மினனாற பகுபொருள் (Electrolyte)
V—கொடுககப்படும் மின னழுததம (Applied voltage)

A-க்கும், *B*-க்கும் இடைப்பட்ட மின்னழுத்தங்களில் பளபளப் பாக்கல் நடக்கிறது. இப்பொழுது எதிர்ப்பில்லாத தடுக்கு (passivating layer) தொடர்ச்சியாக உண்டாக்கப்பட்டு கரை கிறது. *B*-க்கு மேல் நேர் மின்வாயிலிருந்து (Anode is the Specimen) அதாவது மாதிரியிலிருந்து வாயு வளர்ச்சியாக (Gas evolution) பளபளப்பாக்கும் தடுக்குகளைத் தூளாக்குகிறது. இதன் காரணமாக மேற்பரப்பு குழியாக்கப்படுவதற்கு (Pitting) அல்லது பள்ளமாக்கப்படுவதற்கு ஏதுவாகிறது. மாதிரியின் பெரும் பகுதி பளிச்சென்று வெண்மையாகத் தென்பட்டாலும், போதுமான அளவு விரிந்த மெல்லிய பரப்புகள் (Extensive their areas) உண்டாக்கப்படுவதில்லை.

மின்னோட்டம் - மின்னழுத்தம் இவைகளுக்கான வளைகோட் டைக் கண்டறிய ஒரு நிலையான மின்னழுத்தத்தைக் கொடுக்கக் கூடிய ஒரு மின்னழுத்த மாற்றி தேவைப்படுகிறது. மேலும் பளபளப்பாக்கும் மின்கலத்தின் (Polishing cell) ஒவ்வொரு மின்னழுத்த மதிப்பிலும் மின்னோட்டத்தின் அளவைக் காண்பதற்கு முன்பாக மின்கலம் நடு நிலைக்கு (Equilibrium)

வருவதற்கு அனுமதிக்கப்பட வேண்டும், அநேக வகைகளுக்கு சுழி வெப்பநிலைக்குக் குறைவான மின்னாற் பகுபொருள் வெப்ப நிலை (Electrolite temperature) இருக்க வேண்டுமென்று கூறப் படுகிறது. ரேட்டீயும் அவரைச் சார்ந்தவர்களும் (Raty et. al) இது இரண்டு விதமான நன்மைகள் அல்லது நற் பயன்கள் கொடுக்கின்றன என கண்டறிந்துள்ளார்கள். முதலாவதாக,



படம் 6 2-1 (b)

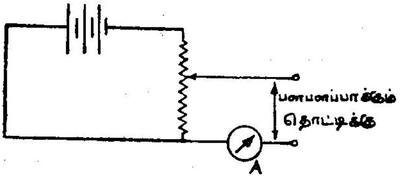
பளபளப்பாக்கும் மின்கலத்திற்கான, சீரிய மின்னோட்ட - மின்னழுத்த வளைகோடு.

நேர் மின்வாய் மின்னோட்ட அடர்த்தி (Anode current density) குறைப்படுவதால், இது பளபளபாக்குதல் குறைந்த வேகத்தில் நடைபெறவும், அதன் காரணமாக அதிகமாகக் கட்டுப் பாட்டிற்குள் கொண்டு வரவும் பயன்படுகின்றது இது குறிப்பாகப் பளபளபாக்குதலின் இறுதிக் கட்டங்களில் அல்லது நிலைகளில் (Final stages) மிகவும் பயனுள்ளதாக இருக்கிறது. வேகம் அதிகமாக இருந்தால் மெல்லிய சவ்வு நீக்கப்பட்டு பெரிய துவாரம் ஏற்பட்டு மாதிரியின் தன்மையைக் கெடுத்துவிட ஏதுவாகும். துவாரம் விழுந்து அது பெரியதாக ஆகிவிட்டால் பரிசோதிக்கப்பட வேண்டிய பகுதி மிகக் குறைவாகவுள்ள ஒரு உரு மாதிரியே (Specimen) கிடைக்கும். இது ஒரு சீரிய உரு மாதிரி அல்ல. ஆகையினால், இம் முறையில் உரு மாதிரிகள் தயாரிக்கப்படும்போது மாதிரிகளில் துவாரங்கள் ஏற்பட்டால் அவைகள் மிகச் சிறிய துவாரங்களாக இருக்கும்படியாகப் பார்த்துக் கொள்வது மிகவும் அவசியம். இல்லாவிடில் மாதிரிகள் பாழாக ஏதுவாகும். இரண்டாவதாக பளபளபாக்கும் கிடைப் பகுதி (Polishing platean) யின் அகலம் (Width) குறைந்த வெப்ப நிலைகளில் (Low temperatures) அதிகமாகக் கூடுகிறது. ஆகையினால், இது பளபளப்பாக்குவதற்கான நிபந்தனைகளை எளிதாக்கி, அதை ஒரே அளவாகப் பாதுகாப்பதற்குப் பேருதவி யாக இருக்கின்றது. ஆகையினால், வழக்கமாக மின்னாற் பகு

பொருளின் வெப்பநிலையை —10°C லிருந்து —20°Cக்குள் இருக்கும்படியாக வைத்துக் கொள்ளும்படி அறிவுறுத்தப் படுகின்றன.

பளபளப்பாக்குவதற்கான திறன் கொடுத்தல் (Power supplies for electro-polishing)

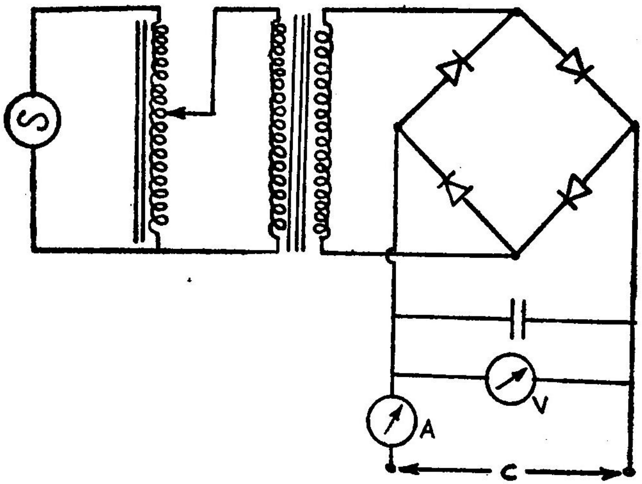
பெரும்பாலான பளபளப்பாக்கும் நுணுக்கங்களுக்கு நேர் மின்னோட்ட மூலம் (D. C. Source) பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இவைகள் விலை உயர்ந்தவை அல்ல. குறைந்த ஒல்ட்களே தேவைப்பட்டால், ஒரு மின்கலம் அல்லது பாட்டரி (a cell or



படம் 6 2-1 (c)

மின்னாற் பளபளப்பிற்கான ஓர் எளிய பாட்டரி திறன் கொடுக்கும் மின் சுற்று.

(A simple battery power supply for electro-polishing)

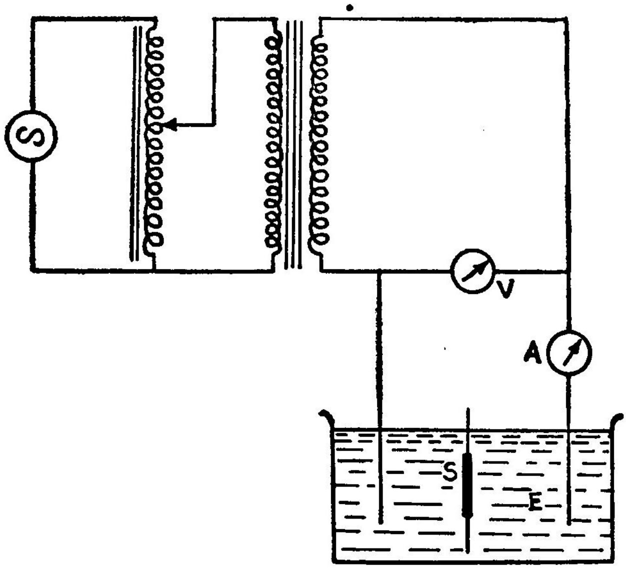


படம் 6 2-1 (d)

மின்னாற் பளபளப்பிற்கான ஒரு முழு - அலைதிருத்தியின் மின்சுற்று.

(A full wave rectifier circuit for electro-polishing)

battery), அத்தோடு ஒரு மின்னழுத்த மானியையும் (Potentiometer) சேர்த்து பயன்படுத்தலாம். இதற்கான மின்சுற்று (circuit) படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 6 2-1 (e)
ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டப் பளபளப்பாக்கும் மின்சுற்று.
(An A. C. electro-polishing circuit)

செய் முறைச்சாலையில் அல்லது பரிசோதனைச்சாலையில் (Laboratory) 12 v நேர்மின்னோட்டத் (d.c) திறன் கிடைக்கவில்லை யெனில், இந்த மின்சுற்றுகள் மிகவும் மலிவான விலையில் (D.C) நேர் மின்னோட்டத் திறனைக் கொடுக்கின்றன. மேலும் இவைகளில் பயனுள்ள மின்னழுத்த நெருக்கம் (range of voltage) கிடைக்கின்றது. இதிலுள்ள ஒரு முதன்மையான தீமை (Disadvantage) என்னவெனில் பளபளப்பாக்கும் தொடக்கத்தில் முதற் சில விநாடிகளுக்கு மின்னோட்டம் நிலைத்தன்மையாக (Instability) இராது. மாதிரியின் மேற்பரப்பில் பிசுபிசுப்பான அடுக்குகள் (Viscous layers) உண்டாக்கப்படும் வரை பொதுவாக மின்னோட்டத்தின் (Surge of current) எழுச்சி ஏற்பட்டுக் கொண்டிருக்கும். இது மிகவும் அபாயகரமான விளைவுகளை ஏற்படுத்தக் கூடியதாகும். மிகமிகமெல்லிய மாதிரியைப் பளபளப்பாக்கும் பொழுது, உண்மையான பளபளப்பாக்கல் தொடங்குவதற்கு முன்னமேயே

துவாரம் (Perforation) ஏற்பட்டுவிடும் நிலையை அடைந்து விடும். இதன் விளைவாகத் துளையாக்கப்பட்ட துவாரத்தைச் சுற்றிலும் வெகு அருகில் மெல்லிய பரப்புகளில்லாத ஒரு தடித்த மாதிரி கிடைப்பதற்கு ஏதுவாகிறது. இந்த வகையான மாதிரியை எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் பயன்படுத்தி ஆராய்ந்தறிவது மிகக் கடினமாகும். இது ஒரு சிறிய மாதிரியின் தன்மையில் அல்லாதவைகளில் ஒன்ருகும்.

ஒரு எளிய மாறியல் மின்மாற்றியையும் (Variabie transformer) ஒரு திருத்தியையும் (Rectifier) இணைத்து அத்தோடு ஒரு அம்மீட்டர் (Ammeter), ஓர் ஒல்ட்மீட்டர் (Voltmeter) இவைகளையும் சேர்த்த ஒரு மின்சுற்று சிறிது அதிக விலையுள்ள தன்மையுடையதாகும். ஆனுல் இது, அதிகமான மின்ஞேட்டம், மின்னழுத்த நெடுக்கையையுடைய தன்மையுடையது. முழு அலை திருத்தியை (Full-wave rectifier) இணைத்து ஒரு சாதாரண எளிய மின்சுற்றும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இத்துடன் மின்னழுத்த எளிதாக்கி (Voltage smoothing)யையும் சேர்த்து பயன்படுத்தப்படும் மின்சுற்று மின்ஞேட்ட எழுச்சிகளுக்கு (Current surges) மிகவும் நிலையாக இருக்கிறது.

ஒரு மின்ஞற் பகுபொருளில் இரண்டு மின்வாய்களை (Electrodes) மூழ்கவைத்து அவைகளுக்கிடையே ஒரு மாறுதிசை மின்ஞேட்ட மின்சுற்றை இணைத்து அதன்மூலமாக ஒரு திருப்திகரமான மின்ஞற் பளபளப்பு ஏற்படும் தன்மையை அடையமுடியும். கெரிட்ஜி (Kerridge) என்பவர் படம் C-ல் காட்டப்பட்டிருப்பது போன்று இரண்டு மின்வாய்களுக்கிடையே உரு மாதிரியை (Specimen) வைத்து மின்னழுத்தத்தைக் கட்டுப்படுத்திப் பளபளப்பாக்கலாமென்று குறிப்பிட்டார். இந் நுண்ணியலைப் (Technique) பயன்படுத்தி, அகெலர்ஸ் (Ahlers), பாலுப்பி (Balluffi), என்பவர்களும், ஹாத், (Gath et.al) அவரைச் சார்ந்தவர்களும் பிளாட்டினம் (Platinum), இருடியம் (Irudium) இவைகளை மெல்லியவையாக்கி வெற்றியடைந்தனர். இதில் உரு மாதிரி நன்ருகவும் குறைந்த வேகத்திலும் பளபளப்பாக்கப்படுகிறது.

2. மெல்லிய தகட்டு மாதிரிகளைப் பளபளப்பாக்கும் நுணுக்க இயல்கள் (Techniques for polishing thin sheet specimens)

பொதுவான நுண்ணியல்களில் மிகவும் பழமையான ஒன்று ட்ருலின்சன் (Torulison) என்பவரால் 1958-ல் விவரிக்கப்பட்ட முறையாகும். அதற்கு ''ஜன்னல் நுண்ணியல்'' (Window Technique) என்று பெயர். இம்முறை கூடுமானவரை எல்லாச்

செய் பொருள்களுக்கும் உபயோகப்படுத்தப்படுகிறது. இதைப் பயன்படுத்தி மின்னியல் மென்மையாக்கப்படுகிறது (Electro-Thinned). இம் முறையின் பிரபலியத்திற்கு (Popularity) முதன்மையான காரணங்கள் : (1) இது மிகவும் அதிக எளிமையானது, (2) இம் முறை மிகக் குறைந்த செலவை உடையது. அதாவது மிகவும் மலிவான முறையாகும். மாதிரியினுடைய தகடு, உதாரணமாக 10 மி.மீ (mm) சதுரத் தகட்டை உலோகத் திலான சாமணத்தால் (Metal tweezers) பிடித்துக் கொள்ளும் படியாகச் செய்து அதை ஒரு முதலைக்கவ்வியால் (Crocodile -clip) இணைத்து நிறுத்தப்படுகிறது. அமிலத்தை எதிர்த்துத் தாங்கும் லாக்குயர் (Acid resisting lacquer) என்ற ஒருவகை அரக்கால் மாதிரியின்மீது பூசப்பட்டு ஒரு தாங்கும் சட்டம் (Frame) போன்று செய்யப்படுகிறது. இந்தச் சட்டத்தைத் (Frame) தாக்காமல் மாதிரியை மட்டும் கரைத்து அதன்மீது பல சிறு சிறு துவாரங்கள் உண்டாக்கப்படுகின்றன, இத் துவாரங்கள் இரண்டு பக்கங்களிலும் நன்குகத் தெரியும். சாமணங்களிலும் (Tweezers) முதல் 10மி.மீ (mm) நீளத்திற்கு லாக்குயர் (Lacquer) பூசப்பட வேண்டும். இல்லாவிடில் அவைகளையும் கரைத்து பாழாக்குவதோடு அல்லாமல் மின்னுற் பகு பொருளையும் கெடுத்துவிட (Contamination of electrolyte) ஏதுவாகும். இவ்வாறு பூசப்பட்ட லாக்குயர் நன்குக உலர்ந்த வுடன் உருமாதிரியை நேர்மின்வாயாகப் பயன்படுத்தி (Anode) ஒரு முகவையில் (Beaker) வைத்து, அதில் ஒரு உலோகத்துண்டை எதிர்மின்வாயாகத் (Cathode) தொங்கவிட்டு முகவையில் மின்னுற் பகுபொருள் எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. முகவையே துருப்பிடிக்கா இரும்பால் (Stainless steel) செய்யப்பட்டு இருந்தால் அதையே எதிர்மின்வாயாகப் படுத்தப்படுகிறது. எந்த வடிவத்தில் எதிர்மின்வாய் (Cathode) இருந்தாலும் அதன் தளப்பரப்பு உருமாதிரியின் (Specimen) பரப்பைவிட அதிகமாக இருக்கவேண்டும். முகவையின் மையப்பகுதியில் உருமாதிரியைப் பிடித்துக் கொள்ளுவது வழக்கம். ஏனெனில், உருமாதிரியைப் (Specimen) பார்வையிடுவதற்காக (Inspection) விரைவாக எடுப்பதற்கும், அல்லது வெளியே எடுத்துக் காலதாமதமின்றிக் கழுவுவதற்கும் (Washing) மிகவும் வசதியாகவிருக்கும். உரு மாதிரியை மின்னுற் பகு பொருளிலிருந்து வெளியே எடுத்தவுடன் நேரடியாகக் கழுவுவதற்கு ஏற்பாடு செய்யலாம். மின்னுற்பகு பொருளினுடைய உப்புமூலக் கரைப்பானில் (Base solvent) கழுவுதல் மேலானதென அறிவுறுத்தப்படுகிறது. வழக்கமாக, நீர், மெத்தநால் (Methanol) அல்லது எத்தநால் (Ethanol) இவைகளில் மாதிரியைக் கழுவிய பின்னர் சுத்தமான எத்த நாலில் (Ethanol) உலர்த்த வேண்டும்.

3. மற்ற மென்மையாக்கும் முறைகள்

3. 1. அயனிக்கற்றை மென்மையாக்கல் (Ion Beam Thinning)

பல கிலோ எலக்ட்ரான் ஓல்ட்கள் (kev) மதிப்புள்ள ஆற்றலை யுடைய அயனிகளின் கற்றையைப் (Beam of ions) பயன்படுத்தி ஒரு இலக்காக உள்ள தளத்திலிருந்து செய்பொருளை நீக்கி எடுத்து மென்மையாக்கலாம். இந்த முறைக்குத் தெறித்தல் அல்லது சிதறுதல் (Sputtering) என்று கூறப்படும் அறுபதாம் ஆண்டுகளின் (Sixties) தொடக்கம் வரை இம் முறையை கையாண்டு எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகளுக்கான மாதிரிகளைத் தயாரிக்கப்பட்டு வரப்பட்டன. எவ்வாறோ, தற்காலங்களில் இம்முறையின் நுணுக்க இயல்புகள் அதிகமாகப் பரவவில்லை. காரணம் என்னவெனில், இச்சாதனம் (Equipment) மிகவும் விலை யுயர்ந்ததாக உள்ளதாலும், மற்றொன்று மென்மையாக்க எடுத்துக் கொள்ளப்படும் காலம் அதிகமாக இருப்பதாலுமாகும். ஆனால், கடத்திகளல்லா செய் பொருள்களை (Non-conducting Materials) உருமாற்றமில்லாமல் (Deformation-free) மென்மை யாக்குவதற்கு (Thinning) இம் முறையின் நுணுக்க இயல்பு ஒன்றுதான் அணுகுவதற்கு (Approach) வசதியாகவுள்ளதென இப்பொழுது மிகவும் உணரப்பட்டு வரப்படுகிறது. ஆகையினால் இம் முறைக்காக ஏற்படும் செலவினம் (Expense) அதற்குப் பொருத்தமான மதிப்புள்ளது (Worth while) எனப் பல செய் முறைக் கூடங்களில் (Laboratories) கருதப்படுகின்றன.

3-6 கிலோ எலக்ட்ரான் ஓல்ட் ஆற்றலுள்ள அயனிகள் (Ions) பல செய் பொருள்களில் ஒரு சில நானமீட்டர்கள் (Nanometers) துளைக்கும் தன்மையுடையன. அயனிகள் மோதித் தாக்கும் போது (Collision) இலக்கியல் (Target) உள்ள அணுக்களில் ஒன்றிரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அணுக்கள் வெளிவிடப் படுகின்றன. ஒவ்வொரு அயனிக்கும் ஒன்று அல்லது இரண்டு அணுக்கள் இலக்கியின் தளத்திலிருந்து வெளித் தள்ளப்படு கின்றன. இதனால் ஏற்படும் தெறித்தல் (Sputtering) அளவு அதாவது படுகின்ற ஒரு அயனிக்கு வெளித் தள்ளப்படும் அணுக்களின் எண்ணிக்கை அயனி, இலக்கி அணு (Target atom) இவைகளின் நிறைகளுக்குள்ள தொடர்பைப் பொறுத்தும்- அயனியின் ஆற்றலைப் பொறுத்தும் மாதிரியின் (Specimen) அணு அடர்த்தி (Atomic density) அதன் படிகக் கட்டமைப்பு (Crystalline structure) இவைகளைச் சார்ந்தும் மாதிரியின் தளத்தில் அயனிக் கற்றையின் படுகோணத்தைச் (Angle of incidence) சார்ந்தும் இருக்கும். வன்தாக்கி அயனி (Bombarding ion) ஒரு

வாயுவாகத் தானகவே (Automatically) கிடைத்துக்கொண்டிருக்க வேண்டும். இது வேகமாக மென்மையாக்குவதற்குத் தக்கவாறு (Fasting thinning rate) எவ்வளவிற்கு கனமாக இருக்க முடியுமோ அவ்வளவு கனமாக இருக்க வேண்டும். ஆனல் இது மாதிரியோடு வேதியல் முறையில் உபகிரியை (Interact) ஏற்படுத்தும் தன்மையுடையதாக இருக்கக் கூடாது. செய்முறையில் ஒரு மந்த வாயு (An inert gas) அடிக்கடி பயன்படுத்தப்படுகின்றது. பல செய்முறைக் கூடங்களின் (Laboratories) விலை நெடக்கைக்குத் (Price-range) தக்கவாறு, மிகவும் கனமான (Heavy) ஆர்கான் (Argon) வாயு பயன்படுத்துவதற்கு வசதியாக உள்ளது.

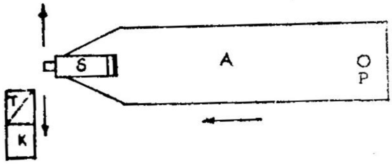
3. 2. அல்ட்ரா மைக்ரோடமி (Ultra-microtomy)

எலக்ட்ரான் நுண்ணேக்கிக்கான பல உயிரியல் மாதிரிகள் (Biological specimens) நேரடியாக மெல்லிய துண்டுகளாக வெட்டப்படுகின்றன. இத் துண்டுகள் 100 மி மீ. (*mm*) தடிமனுக்கும் சிறியவைகளாக இருக்கும். இது அல்ட்ரா மைக்ரோடோமியிலுள்ள ஒரு கண்ணுடி அல்லது வைர நுனியைப் (A glass or diamond) பயன்படுத்திச் செய்யப் படுகின்றது.

அல்ட்ரா மைக்ரோடோமிகள் (Ultra-microtomes) எடுத்துக் காட்டாக மூன்று முதன்மையான முக்கிய பகுதிகளை உடையவைகளாகும். வெட்டும் நுனி (Cutting edge) அல்லது கத்தி (Knife) பொருத்தி வைக்கப்பட்டுள்ளது. வெட்டும் கத்தி அல்லது நுனியை ஒட்டிக்கொண்டு நகரும்படியாகவுள்ள ஒரு சுழல் புள்ளியில் அமைக்கப்பட்ட புயத்தின் (Arm) முன் பாகத்தில் மாதிரி பொருத்தி வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒரு இயக்க நுணுக்கம் (Mechanism), வெப்பத்தன்மை (Thermal) அல்லது எந்திரத் தன்மையினல் (Mechanical) மாதிரியை முன்னேக்கி ஒவ்வொரு வெட்டிற்குப்பின் குறிப்பிட்ட தடிமன் நகரும்வண்ணம் அமைக்கப் பட்டுள்ளது. இவ்வெளிய பாகங்களைத் தெளிவாக விளக்கிக் காட்டும் படம் கீழே காட்டப்பட்டுள்ளது.

இந்த மைக்ரோடோமியில் பயன்படுத்தப்படும் கத்தி (Knife) புதிதாக உடைந்த கண்ணுடியாகவோ அல்லது தனித்தன்மையினல் கூர்மையாக்கப்பட்ட வைரமாகவோ இருக்கலாம். குறைந்த காலத்திற்கே பயனுக இருந்தாலும் கண்ணுடியினலான கத்தி மிகவும் மலிவானதாகும். கண்ணுடியின் நுனி குறுகிய காலத்திலேயே வெட்டும் பொழுது மழுங்குகிறது. ஆகையினல் அடிக்கடி புதிய கத்திகள் தயாரிக்கப்பட வேண்டும். மிகவும்

கடினமான செய்பொருள்களுக்குப் (Hard materials) பெரும் பகுதியான நேரம் கத்திகள் தயாரிப்பதில் விரையம் ஆக்கப்பட வேண்டும். இக் குறையை நிவர்த்தி செய்ய வேண்டுமானுல்



படம் 6 3-2

ஒரு எடுத்துக்காட்டான மைக்ரோடோமின் விளக்கப் படம்
(Schematic diagram of a typical Microtome)

A - P-என்ற புள்ளியில் சுழலும் தன்மையான புயம் இது வெப்பத் தன்மையால முன்னோக்கி நகருமபடிச் செய்யப்படுகிறது.
S - மாதிரி (Specimen)
K - கத்தி (Knife)
T - திரவத்தால நிரப்பி, மாதிரிகளை வெட்டிய பின்னர் எடுப்பதற்கு உதவுகிறது.

அதிகத் தொடக்கவிலையுள்ள (High initial cost) ஒரு வைரக் கத்தியைப் (Diamond knife) பயன்படுத்த வேண்டும். உயிரியியல் அல்லாத (Non-Biological) பல பெரும்பான்மையான மாதிரிகள் தயாரிக்கும் வேலைகளில் வைரக் கத்தியே அதிகமாகப் பயன் படுத்தப்படுகிறது. ஒரு அகன்ற நெடுக்கையான உலோக, மற்றும் பீங்கான் அல்லது பளிங்கு செய் பொருள்களுக்கும், தூள் தூளாகும் உலோகங்களான அலுமினியம் (Aluminium), தாமிரம் (Copper) போன்றவைகளுக்கும் அல்ட்ராமைக்ரோடோமியைப் பயன்படுத்திப் பாகங்களாக்கப் படுகின்றன.

3. ஜ்வாலை பளபளப்பாக்கல் (Flame polishing)

கரிப் பொருள் (Carbon), வைரம் (Diamond) அல்லது கிராப்பைட்டு (Graphite) போன்ற வடிவத்தில் உள்ள போது ஒரு வித தனித்தன்மையான நுண்ணிய நுணுக்க ஜ்வாலை ஆக்சிகரணத் தால் (Technique of flame oxidation) மெல்லியதாக்கப்படு கின்றது. ஏனெனில் இதனுடைய ஆக்சிகரணிகள் வாயுத்தன்மை யுடையதால், மாதிரியின் தளத்திலிருந்து உடனேயே நீக்கப் படுகிறது. ஒரு மந்தப் புடக்குடுவையில் (An inert crucible) மாதிரியைப் போட்டு அதன்மீது ஒரு நேர்த்தியான ஆக்சி-ஹைட்ரோஜன் (Oxy-hydrogen) ஜ்வாலையை ஒரு சில விநாடி களுக்கு மெல்லியதாக்கப்பட வேண்டிய பாகத்தில் காட்டப்

படுகிறது, கரிப் பொருளும் (Carbon), புடக் குடுவையும் (Crucible) குளிர்ந்தவுடன் மாதிரியின் மெல்லிய துண்டுகளை எடுத்து எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் பரிசோதிக்கப்படலாம்.

ஒரு ஆக்சி-ஹைட்ரஜன் (Oxy-hydrogen) ஜ்வாலையைப் பயன் படுத்துவதால் கரிப்பொருள் கெடுவதற்கான (Carbon contamination) வாய்ப்பு தடுக்கப்படுகிறது. விக்ஸ் (Wicks) என்பவரின்படி மாதிரியின் வெப்பநிலை மட்டும் ஒரு சில வினாடிகளுக்கு 1000°C-க்கு உயர்த்தப்படுகிறது. ஸ்டோவர் (Stover), ஹிலின் (Cyillin), கெல்லி (Kelly) என்பவர்களின் கருத்துக்களின்படி இந்த நடத்தும் முறையில் (Treatment) அல்லது நடத்தும் வகையில் நுண்ணிய கட்டமைப்புக்கு (Micro-structure) எந்த விளைவும் (Effect) ஏற்படுவதில்லை. கோயிலேயும் அவரைச் சார்ந்தவர்களின் (Coyle et al) கருத்துப்படி 7-8 மைக்ரோமீட்டர் (Mm) விட்டமுள்ள கரிப்பொருள் நூலிழைகளைக்கூட (Carbon Fibres) எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிக்கான இம் முறையின் மூலம் தயாரிக்கலாம்.

4. உலோக இயலுக்கான மாதிரிகள் தயாரித்தல்
(The preparation of metallographic specimens)

உலோக இயலுக்கான மாதிரிகளின் தன்மைகளை ஒரு எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் பரிசோதனை செய்யும் முன்னர் அவைகளினுடைய தளங்களைப் பொருத்தமாகத் தயாரிக்கப்பட வேண்டும். இந்தத் தயாரிப்பினுடைய இரண்டு முக்கியமான நோக்கங்கள் கீழே தரப்பட்டுள்ளன. உயர் சக்தியுள்ள (High powered) நுண்ணோக்கியின் பார்வை புலத்தின் (Depth of the field) குவிய ஆழம் மேலாகவே இருக்கும். ஆகையினால் மாதிரியின் தளம் நன்றாகப் பளபளப்பாகவும், ஒரே தளமாகவும் (Flat) செய்யப்பட வேண்டும். இவ்வாறு தயாரிக்கப்பட்ட மாதிரியின் தளங்கள் உலோகத்தின் உண்மையான நுண் கட்டமைப்பின் (Micro-structure) பிரதிநிதியாக (Representative) இருக்க வேண்டும். தயாரிக்கப் பயன்படுத்தப்படும் முறையின் பிரதிநிதியாக (Representative of the method of preparation) ஆகிவிடக் கூடாது. தயாரிக்கப்படும் போது பல நிலைகளில் (Various stages) ஏற்படும் சிதைக்கப்பட்ட உலோகப் பகுதிகள் முழுவதும் நுண்ணோக்கியில் பரிசோதிப்பதற்கு முன்னரே நீக்கப்பட வேண்டும். உலோக இயலுக்கான மாதிரிகள் தயாரிப்பது ஒரு அறிவியல் (Science) என்று கூறுவதை விட ஒரு கலை (An art) என்றே கூற வேண்டும். பல செய்முறைக் கூடங்களில் (Laboratories) கையாளப்படும் செய்முறைகள் (Procedures) வெவ்வேறு தன்மையானாலும், முடிவாக ஏற்படும் விளைவுகள் அல்லது

முடிவுகள் (Resul's) ஒத்தவைகளாகவே இருக்கின்றன. மேலும் ஒரு குறிப்பிட்ட உலோகத்திற்கு (Specific metal) உபயோகப் படுத்தப்படும் நுண்ணியல்பு (Technique) உலோகத்தினுடைய குண இயல்புகளைப் (Properties) பொறுத்து அமைகிறது.

முதலாவதாக ஒரு பொருத்தமான மேற்பரப்பை எடுத்துக் கொண்டு அதை ஒரு ரம்பம் (Saw) அல்லது அரம் (F le) முதலிய வற்றைப் பயன்படுத்தி அறுத்த ஒரே தளமான பகுதியை மேற் பரப்பைச் சோதனைக்கு எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. எடுத்துக் கொள்ளப்பட்ட மாதிரி திருப்திகரமாகக் கையாளுவதற்கு வசதி யில்லாதபடி மிகச் சிறியவையாக இருந்தால், அதைச் சுற்றி ஓர் அங்குல விட்டமும் அரை அங்குல தடிப்பும் உள்ள ஒரு நெகிழ்ச்சி யற்ற அல்லது மீட்சியற்ற தட்டு (Plastic disc) பொருத்தப் பட்டு தயாரிக்கப்படவிருக்கும் மாதிரியின் மேற்பரப்பு நன்றாக வெளியே தெரியும்வண்ணம் அமைத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. இந்த மீட்சியுள்ள தட்டு கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள உராய்ந்து தேய்த்தல் (Grinding) பளபளப்பாக்கல் (Polishing), குழியாக்கல் (Etching) என்ற மூன்று நிலைகளில் வசதியாகக் கையாளுவதற்கு மிகவும் உதவியாக இருக்கிறது.

4-1. உராய்ந்து தேய்த்தல் (grinding)

உராய்ந்து தேய்க்கும் நிலையில், மாதிரியின் மேற் பரப்பைத் தொடர்ச்சியாக. (Successively) நேர்த்தியான பல தரவாரியாக (Grades) உள்ள உப்புத்தாளால் (Emery paper) தேய்க்கப்படு கின்றது. நான்கு அல்லது ஐந்து தரமான உப்புத்தாள்கள் வழக்கமாகத் தேவைப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு உப்புத்தாளும் மாதிரியின் மேற்பரப்பில் ஒரு தொகுப்பான இணைக் கீரல் கோடுகளை (Parallel scratches) ஏற்படுத்துகின்றது. ஒரு உப்புத் தாளின் தரத்திலிருந்து மற்றொரு தரத்திற்கு மாறுகின்ற போது முதற்தாளினாலேற்படுத்தப்பட்ட கீரல்கோடுகளுக்குச் செங்குத்து திசையில் புதுக்கீரல்கள் ஏற்படும்படித் தேய்க்கப்படுகிறது. ஒவ்வொரு உப்புத்தாளால் தேய்க்கும் பொழுது சிறிது வேகமாக்கப்பட்டு முதலாவது தாளால் ஏற்பட்ட எல்லாக் கீரல்களும் நன்றாக நீங்கும்படியாகச் செய்யப்படுகிறது, இவ்வாறு செய்யப்படுவதால் முதல் கட்டத்தில் ஏற்பட்ட உலோகச் சிதைவுகள் முழுவதும் நீக்கப்பயன்படுகிறது. பல தாள்களைப்பயன் படுத்துவதால் கீரல்கள் சிறிது சிறிதாக நேர்த்தியாக மாறி மேற்பரப்பு மென்மையாக வழவழப்பாகிறது. அதே நேரத்தில் மேற்பரப்பில் உண்டாக்கப்படும் உலோகச்சிதைவுகள் மேலும் மேலும் மெல்லியதாக்கப்படுகின்றன.

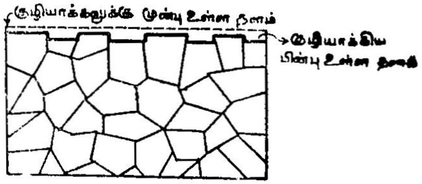
4. 2. பளபளப்பாக்கல் (Polishing)

மாதிரியைப் பளபளப்பாக்கல் இரண்டாவது கட்டமாகும். இது இரண்டு கட்டங்களில் செய்யப்படுகின்றன. முதலில் சொற சொறப்பான பளபளப்பாக்கல், இறுதிப்பளபளப்பாக்கல் என்று இரு வகைகளாகக் கருதப்படுகின்றன. ஒருதுணியால் மூடப்பட்டு, பளபளப்பாக்கும் கூட்டுப்பொருளால் (Polishing Compound) நனைக்கப்பட்ட ஒரு சக்கரத்திற்கு எதிராக மாதிரியைப்பிடித்து உராய்த்து தேயும் படி வைத்து பளபளப் பாக்கப்படுகிறது. பளபளப்பு செய்பவரின் சொந்தத் தேர்வைப் பொறுத்தும், பரிசோதனைக்குத் தேர்ந்தெடுத்த உலோகத்தின் தன்மையைப் பொறுத்தும் பலவகையான துணிகளும் பளபளப்பாக்கும் கூட்டுப் பொருளும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. சொற சொறப்பான பளபளப்பாக்கல் உண்மையான பளபளப்பாக்கும் இறுதிச் செய்கை அல்ல. ஆனால், மிகவும் உயர்ந்த நோத்தியான ஒரு சுழலும் சக்கரத்தில் உராய்ந்து தேயும்படி செய்வதால் ஏற்படுகிறது ஏனெனில், இந்த உராய்வு தேய்தலின் பொழுது நேர்த்தியான, ஒரேதன்மையான (Find and Uniform) கீரல்கோடு கள் மேற்பரப்பின் மீது ஏற்படுகின்றன. இது ஒழுங்காகவும் பொருத்தமான வகையிலும் செய்யப்பட்டால், கையினல் உராய்ந்து தேய்க்கப்பட்ட (Hand-grinding) போது மீதியாக விடப்பட்ட சிதைந்த மேற்பரப்பை நீக்கி, அதற்குப் பதிலாக இன்னும் மென்மையான சிதைந்த உலோகப்பகுதிகளுள்ள மேற் பரப்பாக மாற்றப்படுகிறது. இறுதியாக, பளபளப்பாக்குவதின் முக்கிய நோக்கம், கீரல்கோடுகள் இல்லாத (Free of Scratches), ஒழுங்கீனமில்லாத (Irregularities), ஒரே தளமான மேற் பரப்பாகவும் (Level surface) வழுவழுப்பாகவும் உள்ள தளத்தை உண்டாக்குவதேயாகும். பளபளப்பாக்குவதற்குப் பளபளப்புக் கூட்டுப் பொருளாக (Polishing Compounds) நேர்த்தியாக பொடியாக்கப்பட்ட அலுமினியம் (Aluminium), இரும்பு (Iron), மெக்னீசியம் (Megnesium), ஆக்சைடுகள் (Oxides) பயன் படுத்தப்படுகின்றன. இப் பொடிகளிலுள்ள துகள்களின் அளவு சுமார் 1 முதல் 0·1 மைக்ரான்கள் (10-5 செ.மீ) (Microns) இருக்கும். சமீப காலங்களில் மிகவும் கவனமாகத் தரமாக்கப் பட்ட வைரத்தூள்களைப் பளபளப்பாக்கும் கூட்டுப் பொருளாகப் (Polishing Compounds) பயன்படுத்தப்பட்டு வரப்படுகிறது. உராய்ந்து தேய்க்கும் செய்கை வழக்கமாக உலர்ந்த உப்புத் தாள்களின்மீது (Dry emery papers) செய்யப்படுகின்றன. சொற சொறப்பான பளபளப்பாக்கலின் போது, உலர்ந்த சக்கரம் அல்லது நீரால் தொடர்ச்சியாக நனைக்கப்பட்ட சக்கரம் பயன்

படுத்தப்படுகிறது. இது உபயோகப்படுத்தப்படும் நுண்ணியலைச் சார்ந்துள்ளது. எவ்வாறுயினும் இறுதிப் பளபளப்பாக்கல் (Final Polishing) எல்லாவிடங்களிலும் நீரால் நனைக்கப்பட்ட சக்கரத்திலேயே செய்யப்படுகிறது.

4. 3. செதுக்குருவம் (Etching)

குழியாக்கல் என்பது மூன்றுவது கட்டமாகும். இவ்விதப் பள்ளமாக்கல் படிகங்களின் ஓரங்களை (Boundaries) கண்டறியப் பயனுள்ளதாக இருக்கிறது. ஏனெனில், படிகங்களின் ஓரங்கள் மிகவும் குறுகியவையாக இருப்பதால் நுண்ணோக்கியில் காண்பது அரிது. நன்றுகப் பளபளப்பாக்கப்பட்ட உலோக மேற்பரப்பைத் திறன் குறைந்த அமில அல்லது உப்புமூல கரைசலில் (Weak acidic or basic solution) மூழ்க வைத்து சிறு சிறு பள்ள மாக்கப்படுகின்றன. இவ்வாறு செய்யும் போது படிக தொடக்க அமைப்பைப் பொறுத்து கரைசலின் தாக்கும் தன்மை அமைகின்றது. பள்ளமாக்கப்படும் போது படிகங்கள் பல ஆழங்களில் கரைசலினுல் கரைக்கப்படுவதால் தளமாக்கும் விளை (Platean effect) படத்தில் காட்டப்பட்டிருப்பது போன்று ஏற்படுகின்றது.



படம் 6 4-3
குழியாக்கப்பட்ட மாதிரியின் மேற்பரப்பின் படம்.

படத்தில் விட்டுவிட்டு வரையப்பட்டுள்ள கோடு (Dashed line) பள்ளமாக்கப்படுவதற்கு முன் உள்ள மேற்பரப்பையும், தொடர்ச்சியாக வரையப்பட்டுள்ள கோடு (Dark line) பள்ள மாக்கப்பட்ட பின்னர் உள்ள மேற்பரப்பையும் காட்டுகின்றன. பள்ளமாக்கப்பட்டுள்ள பின் சிறு துகள்களின் ஓரங்கள் (Grain boundaries) பள்ளமாக்கப்பட்ட மேற்பரப்போடு ஒன்றை யொன்று வெட்டிக் கொள்வதை இலேசான செங்குத்து வலை அமைப்பால் (Net work of shallow cliffs) குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது. ஏறக்குறைய இந்தச் செங்குத்தான மேற்பரப்புகள் (Surfaces) ஒளியை நுண்ணோக்கியின் பொருளருகு வில்லைக்குள் (Objective lens) ஒரே தன்மையாக மற்ற வழுவழுப்பான கிடக்கையான

படிக மேற்பரப்புகளைப் (Smooth horizontal crystal surfaces) போன்று பிரதிபலிப்பதில்லை, இதன் விளைவாக, படிகங்களின் ஓரங்கள் (Crystal boundaries) நுண்ணோக்கியில் கண்டறியப் படுகின்றது. பளபளப்பாக்கல், பின் பள்ளமாக்கல் முதலிய வைகளை மாற்றி மாற்றித் திரும்பத் திரும்பச் செய்யும் பொழுது சிதைவில்லா மேற்பரப்புள்ள (Distortion-free surface) ஒரு நல்ல மாதிரி உண்டாக்கப்படுகின்றது. ஆகையினுல், அநேக உலோ கங்கள், உதாரணமாக ஒரு மென்மையான ஈயம் (Lead) போன்ற உலோகத்தைப் பல தடவைகள் மாறி மாறிப் பளபளப்பாக்கிப் பள்ளமாக்கும் போது அது தன்னுடைய உண்மையான நுண்ணிய கட்டமைப்பைக் (Micro-structure) காட்டும் நேர்த்தியான மேற் பரப்பாக மாறுகிறது.

7. எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிக்காக மாதிரியைப் பொருத்துதல்

(Mounting)

1. இருவகைத் தாங்கிகளும் (Holders) அல்லது பிடித்துக் கொள்ளிகளும் அதில் பொருந்தும் மாதிரியின் தன்மைகளும்

உருமாதிரிகளைப் (Specimens) பொருத்தி எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் ஆராய்ந்தறிய இரண்டுவிதமான பிடித்துக் கொள்ளிகள் (Holders) உள்ளன. ஒன்றிற்குச் சுழற்றும் பிடித்துக் கொள்ளி (Rotation Holder) எனப்படும். இதில் மாதிரியைப் பொருத்தி எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் வைத்துக் கிடக்கைத் தளத்தில் (Horizontal plane) மாதிரியைச் சுழலும்படியாகச் செய்யலாம். மற்றொன்றிற்கு இருபுறம் சாயும் பிடித்துக் கொள்ளி (Double tilt holder) என்று கூறப்படும். இதில் உரு மாதிரியைப் பொருத்தினால், அது இருபுறமும் ஒரு குறிப்பிட்ட கோணம் வரை சாயும்படியாகத் திருப்ப முடியும். விளிம்பு விளைவு (Diffraction) நன்றாக இருக்க வேண்டுமென்று விரும்பினால் இருபுறம் சாயும் பிடித்துக் கொள்ளியை (Double tilt holder) பயன்படுத்த வேண்டும். மாதிரியினுடைய வேதிய கூட்டுச் சேர்க்கையை (Chemical composition) கண்டறியப் பயன் படுத்தப்படும் ஆற்றல் பிரிகை பகுப்பாராய்ச்சி x-கதிர் கருவியைப் (Energy Dispersive Analysing X-ray, EDAX) பயன்படுத்துவோமானால் உழற்றும் பிடித்துக்கொள்ளி (Rotation holder) யைப் பயன்படுத்தினால்தான் மாதிரியிலுள்ள ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதியை அல்லது வீழ்படிவைக் (Precipitate) குறித்த நிலையில் வைத்து X-கதிர்களை அதில் நன்றாகப் பட்டுப் பிரதிபலிக்கும்படிச் செய்யலாம்.

மாதிரிகளின் பொருத்தமான தட்டுகளிலிருந்து வேண்டிய அளவு விட்டமுள்ள தகடுகளாக ஆக்கிப் பின்னர் மெல்லிய தாகவும் ஆக்கப்பட்டு அவைகளை நேரடியாக எலக்ட்ரான் நுண் ணோக்கிக்கான பிடித்துக் கொள்ளியில் (Holder) நன்றாகப் பொருத்தும்படி செய்யப்பட்டுவிடுவதால், அதில் பலவிதங்களில் நன்மை ஏற்படுகின்றது. வேறு தனியான பொருத்தல் முறையைக்

கையாள வேண்டியதில்லை. இந்த வசதியைத் (Convenience) தவிர மேலும் இரண்டு வசதிகளும் உள்ளன. மாதிரியினுடைய எந்தப் பரப்பும் தனியாகத் தாங்கப் பயன்படுத்தப்படும் சட்டத்தினுல் மறைக்கப்பட்டு மங்கலாக்கப் (not obscured) படுவதில்லை. மேலும் உரு மாதிரியின் பிடித்துக் கொள்ளியோடு (Specimen holder) மாதிரி நெருங்கிய இயக்கத் தொடர்பும் (Mechanical contact), மின் தொடர்பும் (Electrical contact) கொண்டுள்ளது.

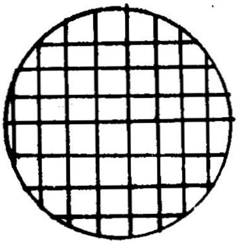
இத் தன்மைகளால் உருமாதிரி மேலும், கீழும் அல்லது பக்கமாகத் தனியாக நகர்ந்து மாற்றம் அடைவதில்லை. பிடித்துக் கொள்ளி (Holder) நகர்வதோடு சேர்ந்தே நகர்கிறது. இந்தக் காரணங்களினுல் கடத்தும் பொருள்களுக்கு அல்லது செய் பொருள்களுக்குத் (Conducting materials) தட்டுவடிவமான மாதிரிகளே (Disc Specimen) பெரும்பாலும் உபயோகப்படுத்தப் படுகின்றன. ஆனுல், ஃபெரோ காந்தப் பொருள்களுக்குத் (Ferro-magnetic Substances) தட்டுவடிவமான மாதிரிகள் பயன்படுத்தப் படுவதில்லை. ஏனெனில், தட்டுவடிவமான மாதிரிகளில் மற்ற வடிவமான மாதிரிகளைப் போலல்லாமல் அதிகமான அளவு மாதிரியின் செய் பொருள்கள் (Specimen materials) அடங்கி யிருப்பதால், இது ஃபெரோகாந்தப் பொருள் (Ferromagnetic) தன்மையுள்ளதால் எலக்ட்ரான் கற்றை (கதிர்கள்) விலக்கி (Deflect) திசைமாற்றி அனுப்பப்படும். இந்த வசதியற்ற தன்மையைக் (Inconvenience) குறைப்பதற்கு நுண்ணோக்கி வல்லுனர்கள் (Microscopists) எவ்வளவுக்கெவ்வளவு குறைந்த (சிறிய) மாதிரியைப் பயன்படுத்த முடியுமோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு சிறிய மாதிரியைப் பயன்படுத்த வேண்டும். ஆனுல், தட்டு வடிவமான மாதிரிகளைத் (Disc Specimens) தான் பயன்படுத்த வேண்டுமென்ற அத்தியாவசியமான காரணங்களிருப்பின் அவை களின் மெல்லிய தன்மையை எவ்வளவுக்கெவ்வளவு குறைக்க முடியுமோ அவ்வளவு குறைத்து (As thin as possible) அதன் பின்னர் மின்னுற் பளபளப்பாக்கினுல் (Electro-polishing) மாதிரியின் ஓரச்சட்டம் (Rin)-25 மைக்ரோமீட்டர் (*Mm*) தடிப்புள்ளதாக இருக்கும்படியாகச் செய்ய முடியும்.

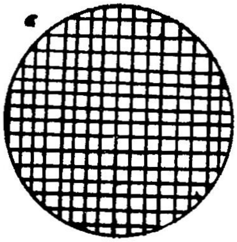
எவ்வாருயினும், எல்லா உரு மாதிரிகளையும் தட்டுவடிவ மாகத் தயாரிப்பதென்பது முடியாது. ஆகையினுல் மற்றும் இரு விதமான பொருத்தும் முறைகள் (Mounting procedures) பொதுவாகப் பழக்கத்தில் கடைப்பிடிக்கப்பட்டு வரப்படுகின்றன. மாதிரிகளை நேரடியாக (Directly) உலோக சட்டங்களில் (Metal

grids) தாங்கப்பட்டோ அல்லது அதை ஒரு மெல்லிய சவ்வில் (Thin film) தாங்கும்படியாகச் செய்து உலோகச் சட்டத்தில் (Metal grid) பொருத்தியோ பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவ்விரண்டு முறைகளேயும் இன்னும் தெளிவாகக் கண்டறிய முற்படுவோம்.

2. உருமாதிரிகளைத் தாங்கும் சட்டங்கள் (Specimen support grids)

மிகவும் பெரும்பாலாகப் பயன்படுத்தப்படும் சட்டங்கள் (Grids) 3மி.மீ (*mm*) அல்லது 2.3 மி மீ (*mm*) விட்டமுடையதாக வுள்ள வட்டவடிவமான தாமிரத்தில் சதுர வடிவமாக அமைக்கப்பட்ட சட்டங்களின் தொகுப்பு ஆகும். இவ்வமைப்புகள் கீழே உள்ள படங்களில் காட்டப்பட்டுள்ளன.





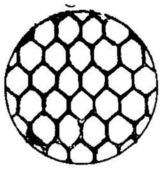
படம் 7 2-1 படம் 7 2-2

வழக்கமான சதுரச் சட்டங்களுள்ள தொகுப்புகள்

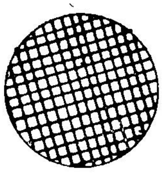
(அ) 50 வலைக்கண்கள் (Mesh) (ஆ) 100 வலைக்கண்கள்

எவ்வாறாயினும் இந்தச் சட்டங்கள் பலவகைப்பட்ட பல்வேறு உலோகங்களிலும், பலவித அமைப்புகளிலும், இடைவெளிகளை (Spacing) உடையதாகவும் அமைக்கப்படலாம். ஒரு குறிப்பிட்ட மாதிரியின் தன்மைகளுக்கு ஒத்த முறையில் பொருத்தமான வகை சட்டத்தைத் தேர்ந்தெடுத்து பயன்படுத்தலாம். இவைகளில் முதலாவதாகக் கவனிக்கப்பட வேண்டியது சட்டங்களின் இடைவெளி (Grid spacing) ஆகும். ஏனெனில், இதுதான் சட்டங்களுக்கிடையேயுள்ள இடைவெளியில் தானகவே தங்கியிருக்கும் (Self supporting) மாதிரியின் பரப்பளவைத் தீர்மானிக்க உதவும். மேலும் திறந்த வெளியாக வுள்ள சட்டத்தின் பரப்பு எவ்வளவு சதவீதம் (Percentage) என்பதையும் தீர்மானிக்கப் பயன்படுகிறது, ஆகையினுல், இத் தன்மைகள் ஒரு சீரிய (Ideal) அல்லது உயர்வான மாதிரியில் கூட எந்த அளவு பரிசோதிக்க வாய்ப்பு (Possibility) உள்ளது என்பதைத் தீர்மானிக்கின்றன. ஆகையினுல், சட்டங்களுக்

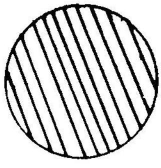
கிடையேயுள்ள இடைவெளி சட்டங்களின் தன்மையை (Quality) தீர்மானிக்க மிகவும் பயன்படும். இத் தன்மையான சட்டங்களின் இடைவெளிகளை (Grid spacings) வழக்கமாக ஒரு அங்குலத்திற்கு இத்தனை கம்பிகள் (Bars) எனக் குறிப்பிடப்படுவது வழக்கமாக உள்ளது. ஒரு அங்குலத்திற்கு 50, 75, 100, 200, 400 கம்பிகள் உள்ள தாங்கிகள் வழக்கத்தில் பயன்படுத்தப்பட்டு வருகின்றன. சட்டக் கம்பிகளை (Grid bars), 40 முதல் 50 மைக்ரோ மீட்டருக்கு (Mm) கீழ் மெல்லியதாகச் செய்வதென்பது வழக்கத்தில் முடியாத காரணமாகையினால் ஒரு அங்குலத்திற்கு 400 வலைக்கண்ணில் உள்ள திறந்த பரப்பு 35%லிருந்து, 50 வலைக் கண்களுள்ளதில் 70% விட அதிகமாக மாறுவதற்கு வாய்ப்பு உள்ளது. திறந்த பரப்பு (Open area) அதிகரிப்பதினால் மெல்லியதாகவுள்ள பகுதி குறைவாகவே உள்ள மாதிரிகளில் இவைகளைப் பரிசோதிப்பதற்கான வாய்ப்பு அதிகமாகிறது. மெல்லிய பகுதியைக் கண்டறிவதற்கான வாய்ப்பு இரு மடங்காக்கப்படுகிறது. மிகவும் மெல்லிய தன்மை அதிகமான பரப்பு உள்ள மாதிரிகளுக்கு 50 வலைக்கண்ணுள்ள சட்டங்கள் கொடுக்கும் தாங்குந்தன்மையை விட அதிகமாகத் தேவைப் படுகிறது. மைக்ரோட்டோம் செய்யப்பட்ட துண்டுகள் (Microtomed slice), ஆவியாக்கப்பட்ட சவ்வுப்படலம் (Evaporated film) ஒரு நகல் (Replica) போன்றவைகளில் அதிகமான பரப்பு மிக மெல்லிய தன்மை (Very thin) உடையது. ஆகையினால் இவைகளுக்கு 200 அல்லது 400 வலைக்கண்களுள்ள சட்டத் தாங்கிகள்தான் பயன்படுத்தப்பட வேண்டும். இவ்வாறு செய்வதினால் அதிகமான திறந்த பரப்பை (Open area) இழக்க வேண்டிய நிலை ஏற்படும்.



படம் 7 2-3
அறுங்கோண வடிவம்



படம் 7 2-4
செவ்வகத் திறப்புகள்



படம் 7 2-5
ஒரே திசையிலுள்ள கம்பிகள்

உரு மாதிரிகளின் தாங்கும் தன்மைகளைக் குறைக்காமல் திறந்த வெளியை மட்டும் அதிகரிக்க எடுத்துக் கொண்ட முயற்சிகளின் பயனாக, பல மற்ற அமைப்புகள் உண்டாக்கப்

பெற்று கிடைக்கப் பெறுகின்றன. இவைகளில் பெரும்பாலும் பயன்படுத்தப்படுபவைகள் அறுங்கோண வடிவ அமைப்பிலுள்ள சட்டங்கள், இரு திசைகளிலும் வேறுபட்ட சட்ட இடைவெளிகளை யுடைய (Different Bar Spacings) சட்டங்கள் என்பனவாகும். ஒரே திசையில் மட்டும் கம்பிகளைக் கொண்ட சட்டங்களும் உள்ளன.

எல்லாவிதச் சட்டங்களும் விற்பனைக்கான முறையில் செய்யப்பட்டவைகள்; தாமிரத்தாலானவைகள். நிக்கல் (Nickal) வெள்ளி (Silver), தங்கம் (Gold) துருப்பிடிக்கா இரும்பு (Stainless steel) மாலிப்டினம் (Molybdenum), பிளாட்டினம் (Platinum) டங்ஸ்டன் (Tungsten), டிட்டேனியம் (Titanium) அல்லது பெலாடியம் (Palladium) முதலிய உலோகங்களில் செய்யப்பட்ட விலையுயர்ந்த சட்டங்களும் (Grids) கிடைக் கின்றன. பல வகையான பெரும்பாலான வேலைக்கு (ஆராய்ச்சி) தாமிரம் (Copper) மிகவும் பொருத்தமானதாக உள்ளது. இது தேவையான வெப்ப (Thermal), மின் கடந்தலுக்கான (Electricals conduction) தன்மைகளைக் கொடுக்கிறது. எவ்வாறுயினும் தாமிரம் எடுத்துக் கொண்ட மாதிரியுடன் வேதி கிரியையை (Chemical reaction) உண்டாக்குமானால், மாதிரியோடு இவ்வித கிரியை உண்டாக்காத வேறு ஒரு செய்பொருளைத் (Material) தேர்ந்தெடுக்க வேண்டும். இவ்விதமான தேர்வு (Selection) ஒரு மாதிரியை எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் உள்ளேயோ அல்லது வெளியேயோ வெப்பப்படுத்த வேண்டிய நிலை ஏற்பட்டால் மிகவும் அவசியமாகக் கருதப்படுகிறது அல்லது கவனத்தில் கொள்ளப்படுகிறது. மிக உயர்ந்த வெப்ப நிலைகளில் (High temperatures) ஒரு மாதிரியை வெப்பநிலை மாற்றங்களுக்கு உட்படுத்தவேண்டுமானால் (Heat-treating the specimen) கார்பன் (Carbon) அல்லது கரிப் பொருளில் ஆராய்ச்சிகள் நடத்தும் நுண்ணோக்கி வல்லுநர்கள் (Microscopists) தாங்களாகவே கார்பனைத் தாங்கி நிற்கும் பொருத்தமான சட்டங்களைத் (Grids) தயார் செய்து கொள்கின்றனர். ஒரு கார்பன் (Carbon) தட்டின் ஒரு பக்கத்தை வழக்கமான தாமிர சட்டத்தினால் பொருத்தி, மறுபக்கத்தை வாயுவோடு கலந்த துகள்களால் (Particles) வன் தாக்குதல் மூலம் தாக்கச் செய்து இவைகள் தயார் செய்யப்படுகின்றன. இவ்வாறு வீட்டுத் தயாரிப்பான (Home-made) சட்டங்களின் தடிப்பு (Thickness) சாதாரண உலோக சட்டங்களை விட அதிகமாக இருக்க வாய்ப்பு உள்ளது. ஆகையினால், இவைகளை நுண்ணோக்கியில் பொருத்தும்போது அதிகமான கவனம் எடுத்துக் கொண்டு சரியான மட்டத்தில்

பொருந்தும்படியாகக் கவனித்துக் கொள்ளப்பட வேண்டும். இவ்வாறு சரியான மட்டத்தில் பொருத்தப்படும்போது அதிலுள்ள உருமாதிரி சரியாகப் பொருளருகு வில்லையின் (Objective lens) குவிய தளத்தில் (focal plane) இருக்கும் படியாகப் பார்த்துக்கொள்ளவேண்டும். இல்லாவிடில் உரு மாதிரியின் சரியான பிம்பத்தைக் (image) குவியச் செய்ய முடியாது.

3. உருமாதிரிகளைச் சட்டங்களில் பொருத்துதல் (Mounting Specimens into girds)

உருமாதிரிகளைச் சட்டங்களில் பொருத்துவதற்குப் பல்வேறு முறைகள் கையாளப்படுகின்றன. நீரில் மிதக்கும் தன்மையான (floating) மாதிரியாக இருந்தால், அதாவது ஒரு நகல் அல்லது ஒரு மெல்லிய சவ்வுப்படலம் (a replica or a thin film) போன்றவைகள் நீரில் மிதக்கும் தன்மையுடையன. இவைகளைச் சட்டங்களில் பொருத்தி எடுப்பதற்கு முதலில் சட்டங்களை (girds) நீரினுள் அமிழ்த்திவைத்து, பின்னர் மாதிரிகள் நீரில் மிதக்கும்படி செய்யப்படுகின்றன. சாமணத்தின் உதவியால் (with tweezer) கவனமாகவும் மெதுவாகவும் சட்டங்களை மேலாகத் தூக்கி மாதிரி சட்டத்தில் நன்ருகத் தங்கும்படியாகச் செய்யப்படுகிறது. சட்டங்கள் நன்ருக உலர்ந்த பின்னர் மாதிரி சட்டத்திலேயே தங்கிநிற்கும். தனியாக வேறு ஒரு பொருத்துதல் இதற்குத் தேவையில்லை. சட்டத்தில் எடுக்கப்பட்ட மாதிரி அதை விட்டு நழுவும் தன்மையுடையதாக இருக்கிறதென்று கருதப் பட்டால், நழுவுவதைத் தடுக்க, சட்டங்கள் மீது முன்னதாகவே ஒரு பசை தடவப்படுகிறது. மாத்தியூஸ் (Mathews), புத்தலா (Buthala) என்பவர்களின் முறைப்படி, எதிலின் டைகுளோரைடு (Ethylene dichloride) அல்லது சிலின் (Xylene) ஆவியில் வைக்கப் பட்டுள்ள 2% ஃபாம்வார் (Formvar) கரைசலில் சுமார் ஒரு மணி நேரம் சட்டங்களை மூழ்கவைத்த பின்னர், அவைகளைப் பயன்படுத்திஞல் மாதிரி சட்டங்களில் (grids) நன்கு ஒட்டிக் கொள்ளும்.

உரு மாதிரிகள் மிகவும் மெல்லிய உலர்ந்த (dry) சிறிய துண்டுகளாக இருந்தால் மேற்கூறிய முறைப்படி அவைகளைச் சட்டங்களில் பொருத்துதல் முடியாது. அவைகளை ஒரு நேர்த்தியான நல்ல வண்ணம் பூசப் பயன்படுத்தப்படும் புருசிஞல் எடுக்கலாம். இந்த முறையைப் பயன்படுத்தித் தூளாக (ductile உள்ள பொருள்களையும் ஒருவிதச் சிதைவுமின்றி (without

damage) கையாள முடியும். இந்த உருமாதிரியான தூளாகவுள்ள மாதிரி ஒரு தனிச் சட்டத்தில் தாங்கப்பட்டு நுண்ணோக்கியினுள் செலுத்தி ஆராய்வது கடினம். ஏதாவது ஒருவழியில் அதைச் சட்டத்தோடு பொருத்தாமல் அதை நுண்ணோக்கியினுள் செலுத்தி உபயோகப்படுத்துவது எளிதன்று. இத் தன்மையுள்ள உருமாதிரியை எளிய முறையில் கையாள அதை இரண்டு சட்டங்களுக்கிடையே, இரண்டோடும் தொடர்பு கொள்ளுமாறு பொருத்திவிட வேண்டும். பல நுண்ணோக்கிகளில் மாதிரியைச் செலுத்துவதற்கு முன்னர் முதலாவதாக மாதிரியின் ஒரு நுனியை ஒரு சட்டத்தில் சுழலும்படியாகச் செய்து பின்னர் அதன் மறு நுனியை அடுத்துள்ள இரண்டாவது சட்டத்தில் சுற்றியிருக்கச் செய்ய வேண்டும். இவ்விரு சட்டங்களுக்கிடையே உருமாதிரி தங்கியிருக்கும். இதற்குச் சாமணம் (tweezer) வண்ணம் பூசும் புருசு (paint brush) முதலியவைகளைக் கவனமாகப் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. இந்த முறையிலுள்ள தீமைகளில் (disadvantages) ஒன்று உருமாதிரியை இரு சட்டங்களுக்கிடையே சுற்றிப் பொருத்துவதால் உருமாற்றம் (deformation) ஏற்படலாம். இரண்டாவதாக, மாதிரியை மறுபடியும் சட்டங்களிலிருந்து எடுத்துவைப்பது கடினம். ஏனெனில், மாதிரி சட்டங்களிலேயே நகருமே தவிர, சிதைவின்றி (damage) அதைச் சட்டங்களிலிருந்து பிரித்தெடுப்பது மிகவும் கடினமாகும். இதனால் எந்தப் பரப்பின் மீது அதிகமான ஆர்வத்தோடு ஆராய எண்ணுகிறோமோ அப் பரப்பு சிதைவுபட்டு, மாதிரி பழுதாக்கப்படலாம். மூன்றாவதாக, இருசட்டங்களைப் பயன்படுத்துவதனால் திறந்த பரப்பு (open area)குறைய ஏதுவாகிறது. ஏறக்குறைய இருமடங்கு குறைவதால் பார்ப்பதற்கான (viewing) பரப்பு மிகவும் சிறியதாக ஆகிவிடு கிறது. ஆனாலும் மிகப் பெரும்பாலான மாதிரிகள் இம் முறை யினால் பரிசோதிக்கப்படுவதன் காரணம் என்னவெனில், பெரிய சட்ட வலைக்கண்களைப் பயன்படுத்த முடியும் என்ற எண்ணத் தாலும், உருமாதிரிகளைத் திரும்பப் பயன்படுத்த வேண்டிய அவசி யமில்லை என்ற காரணத்தினாலும் ஆகும். இம் முறையின் பெரும் பயன் என்னவென்றால், இது ஒரு விரைவான (quick) முறை என்பதாகும்.

உருமாதிரிகள் மறுபடியும் தேவைப்படுமானால், அவைகளை உறுதியாக ஒன்று அல்லது இரண்டு சட்டங்களில் பொருத்த வேண்டும். இதற்குப் பல முறைகள் உள்ளன. இம்முறைகளில் ஒன்று, மாதிரியை (specimen) இணைக்கப்பட்ட (linked) இரு சட் டங்களுக்கிடையே பொருத்துதலாகும். இது மடிப்புச் சட்டங் கள் (folding girds) எனப்படும். இது வெளிப்படையாக வசதி

யுள்ளதாகத் தென்பட்டாலும் இதில் பல குறைகள் (drawbacks) உள்ளன. சட்டங்களை மாதிரியுடன் (specimen) மடக்குகின்ற பொழுது ஒரு சட்டத்தையோ அல்லது இரண்டையோ வளைக்காமல் (without bend) மடிப்பது மிகவும் கடினமாகும் இவ்வாறு சட்டம் மடிக்கப்படும்போது அதனுடன் சேர்ந்துள்ள மாதிரியும் வளைந்து உருமாறும் வாய்ப்பு உள்ளது. உயிரியல் வல்லுநர்களுக்கு (Biologists) இது ஒரு சிறிய இழப்பாக இருக்கலாம், ஆனால், மாதிரியின் படிகக் கட்டமைப்பை (crystalline structure) அழிக்கக் கூடிய அபாயம் உள்ளது. மேலும், ஒரு சட்டத்தை மற்றொரு சட்டத்தின்மேல் சரியாக (exact) வளைத்துப் பொருத்தி, அதன் பின்னரும் 3 மி.மீ. விட்டமுள்ள வட்டமாக இருக்கும் படியாகச் செய்வது மிகவும் கடினமாகும். மடிக்கும்பொழுது சட்டங்கள் ஒன்றோடொன்று சரியாக ஒன்றின்மீதொன்று (accurately overlapped) பொருந்தாவிட்டால், அதனோடு மாதிரியையும் சேர்த்து மாதிரியினுடைய துளையில் அல்லது குழாயில் (specimen cartridge) புகுத்தும்போது மாதிரி உருமாற்றம் அடையலாம். இந்தக் காரணங்களினால் இந்த மாதிரியான ஓர் அமைப்பை அடைவதற்கு இரண்டு தனிச் சட்டங்களைப் (two seperate grids) பயன்படுத்துவது நல்லது.

4. மெல்லிய தாங்கும் சவ்வுப்படலம் (Thin support films)

உரு மாதிரிகள் (specimens) மிகமிக மெல்லியதாக இருந்தால் அவைகள் தானாகவே வழக்கமாகப் பயன்படுத்தப்படும் சட்டங்களுக்கு இடையே (குறுக்கே) நிலையாகப் பொருத்தப்பட முடியாது. இவ்வாறு உள்ள மாதிரிகளைப் பொருத்துவதற்கு 5 முதல் 20 n.m (10^{-9} நா.மீ) அளவுள்ள தொடர் சவ்வுப் படலங்களை (continuous film) மாதிரியோடு பொருத்தி, அதன் பின்னர் சவ்வுப்படலம் சட்டங்களில் பொருத்தப்படுகிறது. மாதிரியோடு அதிகமாகப் பொருத்தப்படும் மெல்லிய சவ்வுப் படலத்தின் தடிமனும் சேர்ந்து அதிகம் இருப்பதாக உணரப் பட்டால் [அதாவது 2 முதல் 5 n.m (நா.மீ) பகுப்பு (resolution) தேவைப்படுமிடங்களில்] மிகவும் நேர்த்தியான நுண்ணிய துவாரங்கள் (perforations) உள்ள சவ்வுப்படலம் பயன்படுத்தப்படுகிறது. மாதிரியின் பல பாகங்கள் இந்த நுண்ணிய துவாரங்களில் தொங்கிக்கொண்டு தாங்கப்படுவதால் மாதிரியின் பாகங்களை நன்றாக ஆராய்ந்தறிய முடியும். இந்த இரண்டு வகையான மெல்லிய சவ்வுப் படலங்களை உற்பத்தி செய்யப் பல நுணுக்க நுண்ணியல்புகள் (techniques) உள்ளன.

தொடர்ச்சியாகவுள்ள மீட்சியற்ற அல்லது நெகிழ்ச்சியற்ற சவ்வுப் படலங்கள் (plastic films) மிகவும் எளிய தன்மையுடையன. இவைகளை விரைவாகவும் தயாரிக்கலாம். இவ்விதச் சவ்வுப் படலங்கள் அதிகப் பகுப்புத் (high resolution) திறன் தேவையில்லாதபோது பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இப் படலங்களைச் சுமார் 20 nm (நா.மீ)-க்கும் குறைவாக மெல்லியதாகத் தயாரிக்க முடியாது. மிகவும் மெல்லியதாக இருந்தால் நுண்ணோக்கியில் எலக்ட்ரான் கற்றை படும்போது சுருங்கும் தன்மையுடையது. சுருங்குவதால் (shrink) மாதிரி சிறிது நகரும்படியாக ஏற்படும். மிகவும் பிரபலியமான இரண்டு நெகிழ்ச்சியற்ற சவ்வுப் படலங்கள் செல்லுலோஸ் நைட்ரேட் அல்லது அசிடேட் (Cellulose nitrate or acetate), ஃபார்ம்வார் (Formvar) என்பனவாகும். செல்லுலோஸ் சவ்வுப் படலங்களை ஒரு கிண்ணத்திலுள்ள (dish) நீரின் மேற்பரப்பில் எளிதில் தயாரிக்கலாம். கிண்ணத்திலுள்ள நீரின் மையத்தில் 2% பிளாஸ்டிக் கரைசலின் ஒரு துளி வைக்கப்படுகிறது. அது அந்தப் புள்ளியிலிருந்து நீரின் முழுபரப்பு முழுவதும் பரவுகிறது. கரைப்பான் (solvent) ஆவியானவுடன் நீரின் மேற்பரப்பின் மீது நெகிழ்ச்சியற்ற சவ்வுப் படலம் (film of plastic) மிதந்து கொண்டு தங்குகிறது. முன்னதாகவே கிண்ணத்தில் நீரின் அடியில் வைக்கப்பட்டுள்ள சட்டங்களை இரு சாமணத்தின் உதவியால் (with a pair tweezers) மேலாகத் தூக்கும்போது அது ஒரு வட்டவடிவமான நெகிழ்ச்சியற்ற சவ்வுப்படலத்தைத் தாங்கிக்கொண்டு வருகிறது. பல சட்டங்களை முதலிலேயே நீரின் அடியில் வைத்து அவைகளை ஒரு வலைக்கண்ணின் (mesh) மீது இருக்கும்படியாகச் செய்து, நீரின் மேற்பரப்பில் நெகிழ்ச்சியற்ற சவ்வுப் படலத்தைத் தயாரித்த பின்னர் நீரை ஒரு வடிகுழாய் (siphon) வாயிலாக வடியச்செய்தால் படலம் சிறிது சிறிதாகக் கீழே இறங்கி முடிவில் சட்டங்கள்மீது தங்கி நிற்கும். இவ்வாறு செய்வதனால் ஒரே சமயத்தில் பல சட்டங்களின்மீது (grids) சவ்வுப் படலத்தைத் தங்கும்படியாகச் செய்யலாம். சட்டத்தை மேலே தூக்கும்போது, சவ்வுப் படலம் மிகவும் மெல்லியதாக இருப்பதால் சட்டத்தின் ஓரங்களில் (edge of the grid) கிழிந்து சட்டத்தல் மட்டும் ஒரு வட்ட வடிவச் சவ்வுப் படலத்தைக் கொடுக்கும் ; அல்லது உண்டாக்கும். இவ்வாறு உற்பத்திசெய்து எடுக்கப்படும் சவ்வுப் படலம் நீரின் மேற்பரப்பிலுள்ள தூசி அல்லது அழுக்கு (dirt) போன்றவற்றையும் எடுத்துக்கொண்டு வரும் வாய்ப்பு உள்ளது. இதைத் தடுக்க நீரின்மீது முதலாவதாக படலம் தயாரித்து அதை ஓர் ஊசியால் நீக்கி நீரின் மேற்பரப்பு சுத்தஞ்செய்யப்படுகிறது. பின்னர் உண்மையான சவ்வுப் படலம் தயாரிக்கப்படுகிறது.

செல்லுலோஸ் சவ்வுப்படலங்கள் (celluloses films) மிகவும் பலமுள்ளவைகள் அல்ல. ஆகையினால் ஃபார்ம்வார் சவ்வுப் படலங்கள் தாம் (Formvar films) அதிகமாக விரும்பிப் பயன் படுத்தப்படுகின்றன. ஆனால், ஃபார்ம்வார் சவ்வுப் படலங்கள், செல்லுலோஸ் சவ்வுப் படலங்கள் தயாரிப்பதைவிட மிகவும் கடினமாகும். ஃபார்ம்வார் தயாரிக்கும்போது நீரின் மேற்பரப் பில் தயாரிப்பது வெற்றிதரக் கூடியதாக இல்லை. ஆனால், நீரின் மேற்பரப்பிலும் தயார் செய்யலாம். ஓர் கண்ணாடிச் சறுக்கி (glass slide) சாதாரணமான தயாரிப்பு முறையில் பயன்படுத்தப்படு கிறது. ஒரு சாதாரண நுண்ணோக்கிக் கண்ணாடிச் சறுக்கியின் மீது ஒரு துளி (drop) டிட்டர்ஜென்ட் (Detergent) அதாவது டீபூல் (Teepol) வைத்து மேற்பரப்பு முழுவதும் தடவிச் சுத்தம் செய்து, அது பின்னர் உலரச் செய்யப்படுகிறது. டிட்டர்ஜென்டின் நேர்த்தியான அடுக்கு (layer) சவ்வுப் படலம் தயாரிப்பதற்கு உதவியாக உள்ளது. பிறகு இந்தச் சறுக்கை (slide) எதலின் டை-குளோரைடிலுள்ள நீர்த்த ஃபார்ம்வார் கரைசலில் (Dilute solution of formvar in ethylene dichloride) மூழ்கவைத்து, வெளி எடுத்து தலைகீழாகத் தொங்கவிட்டு உலரச் செய்யப்படுகிறது. இந்தச் சறுக்கு (slide) உலரும்போது அதன் மீதுள்ள புதிய நெகிழ்ச்சியற்ற சவ்வுப் படலத்தில் தூசி, அழுக்குப் படியாவண்ணம் நன்றாக மூடிப் பாதுகாக்கப்படுகிறது. இந்தச் சவ்வுப் படலத்தை ஒரு குறிப்பிட்டகோணத்தில் சுத்தமான நீருள்ள கிண்ணத்தில் நகர்த்தும்போது படலம் தனியாகக் கழற்றப்படும் (stripped) நெகிழ்ச்சியற்ற படலம் பரப்பு இழுவிசையின் (surface tension) தன்மையால் தனியாகப் பிரிந்துவருகிறது. சறுக்கியின் (slide) நுனியை ஒரு கத்திபினால் அல்லது பிளேடால் (blade) உராய்ந்து தேய்ப்பதன்மூலம் படலம் தனியாக எடுக்கப்பட்டுப் பின்னர் அது நீரினுள் செல்லும்போது ஓர் ஊசியினால் தூக்கி எடுக்கப்படுகிறது. மேற்கூறிய முறைகளின்படி இப் படலத்தின் மீது சட்டங்கள் பொருத்தப்படுகின்றன. இது செல்லு லோஸ் படலத்தைவிடப் பலமுள்ளதாகையினால் சட்டங்களில் பொருந்தும்போது அது தானாகக் கிழிவதில்லை. ஆகையினால் சட்டத்தின் ஓரங்களிலுள்ள படலத்தின் பகுதிகள் ஓர் ஊசி அல்லது கத்தியின் உதவியினால் வெட்டி எடுக்கப்படுகின்றன.

5. உரு மாதிரிகளைப் பாதுகாத்தல் (Storing specimens)

பெரும்பாலான மாதிரிகள் (specimens) சாதாரண வளி யழுத்தத்தில் நிலையாக (stable) இருக்கும்படியான தன்மையுடை யன. இவைகளைம் சட்டங்களில் பொருத்திய பின்னரோ அல்லது

பொருத்துவதற்கு முன்னரோ மிக நீண்ட காலத்திற்குப் பாது காத்து வைக்கமுடியும். சட்டத்தில் பொருத்துவதற்கு முன்னர் மெல்லிய தகட்டு மாதிரிகளைச் சுத்தமான எத்தனாலில் (Ethanol) மூழ்கவைத்துப் பாதுகாக்கலாம். அல்லது உலர்ந்த வடிதாளில் (dry filter paper) வைத்து அதை ஒரு கிண்ணத்தால் மூடிப் பாது காக்கலாம். அறையின் வெப்பநிலையில் (room temperature) நிலையாக இருக்கும் தன்மையில்லாத மாதிரிகளை ஒரு குளிர்பதனப் பெட்டியிலோ (refrigerator) அல்லது ஓர் உலர்த்தும் பாண்டத் திலோ (desiccator) வைப்பதனுல் அவைகளின் 'சுயவாழ்வு' (self-life) அதிகரிக்கப்படுகின்றன. இரும்பு (iron), ஸ்டீல் (steel) இவைகளின் மிக மெல்லிய தகடுகளை மிக உலர்ந்த குளிர் வளி மழுத்தத்தில் (cold dry atmosphere) ஒன்றிரண்டு நாள்களுக்குத் தான் பாதுகாத்து வைத்துக்கொள்ள முடியும். ஏனெனில் இவைகள் காற்றில் ஆக்ஸைடுகளாக (oxides) மாறும் தன்மை யுடையன. கிரியையில்லாத (unrelative) செய்பொருள்களான பீங்கான் (ceramics) ஆக்ஸைடுகளினின்றும் பாதுகாக்கும் தன் மையுள்ள பொருள்களான அலுமினியம் (Aluminium) போன்ற வைகளைப் பல மாதக்கணக்கில் பாதுகாப்பாக வைத்திருக்கலாம். ஆனுல், தூசி (dust) படியாவண்ணம் காக்கவேண்டும்.

தட்டு வடிவமான மாதிரிகளையும் (disc specimens) சட்டங் களில் பொருத்தப்படும் தன்மையுள்ள மாதிரிகளையும் மிகவும் வசதியாக தனியான பாகுக்கலவை பொதியுறைகளில் (gelatine capsules-4 மி.மீ விட்டமுள்ளவை) பாதுகாப்பாக வைக்கப் படுகின்றன. இல்லாவிடில் விற்பனைக்கெனச் செய்யப்பட்ட தனித்தன்மையான சீட்டு ஒட்டிய பாதுகாப்புப் பெட்டிகளில் (Specially labelled storage boxes) வைத்துப் பாதுகாக்கப்படு கின்றன. இந்த வகையான பாதுகாப்புப் பெட்டிகளில் பல அடுக்குகளான சிறிய இடைவெளிகள் (gaps) வைக்கப்பட்டு அவைகளில் $A, B, C, \ldots$ என்று குறியீடுகள் போடப்பட்டிருக்கும். இந்தக் குறியீடுகளின் உதவியினுல் ஒரு குறிப்பிட்ட வரிசையி லுள்ள (row) மாதிரியின் அடையாளம் (identity) கண்டுகொள்ள வசதியாக இருக்கும். உதாரணமாக, A என்ற வரிசையின் 4ஆவது இடைவெளியில் ஓர் அலுமினிய மாதிரியை வைத்துவிட்டு அதைக் குறித்து வைத்துக்கொண்டால் பின்னர் வேண்டும்போது அதைச் சரியாக அடையானம் கண்டு மறுபடியும் எடுத்துப் பயன் படுத்த மிகவும் வசதியாகச் செய்யப்படுகிறது. இல்லாவிடில் மாதிரிகள் மாற்றப்பட்டுவிடும். இப் பாதுகாப்புப் பெட்டியி லுள்ள பல சிறிய துவாரங்களை (slots) வரிசையாக இருப்பதால் ஒவ்வொரு சிறிய துவாரத்திலும் ஒவ்வொரு மாதிரியைப் பாது

காத்து வைக்கலாம். சில பெட்டிகளில் ஒவ்வொரு துவாரமும் தனித்தனியாகக் குறியிடப்பட்டிருக்கும். இது மாதிரியை வைக்கவும் மறுபடியும் எடுக்கவும் மிகவும் வசதியாகச் செய்யப் பட்டுள்ளது. மிக மெல்லிய தட்டுகள் (thinned d shes), மெல்லிய தகடுகள் (thin foils), நகல்கள் (replicas) அல்லது தாங்கும் படலங்கள் (support films) முதலியவைகளைப் பெரிய அளவில் (in large quantities) பல நாள்களுக்குச் சில பெட்டிகளிலேயே மிகவும் பாதுகாப்பாக வைத்துக்கொள்ளலாம். இவ்விதப் பாதுகாப்புப் பெட்டிகளைப் (storage boxes) பயன்படுத்துவதனால் உருமாதிரி களை நல்ல முறையில் வெகு நாள்களுக்குப் பாதுகாக்க முடியும்.

8. எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியைப் படிகப் பகுப்பாய்வுக்குப் பயன்படுத்துதல்

இந் நூலின் முன்பகுதிகளில் நுண்ணோக்கியின் முதன்மை யான பாகங்கள், அவைகளின் பயன்கள், நுண்ணோக்கியின் அடிப்படையான தத்துவங்கள், அவைகளைக்கொண்டு எவ்வாறு விளிம்பு விளைவு அமைப்பு உண்டாக்குதல், எப்படி ஒளிப்புலம் (Bright field), இருள்புலம் (Dark field) போன்ற இயக்க இயல்புகளைப் பற்றியும், விளிம்பு விளைவு அமைப்பைக் குறியிடும் முறைகள் (indexing method), அதன் விளக்கங்கள் முதலிய வற்றைப் பற்றியும், எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகளுக்கு எவ்வாறு உரு மாதிரிகள் தயாரிக்கப்படுகின்றன அதற்காக என்னென்ன முறைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன என்பதைப் பற்றியும், தயாரிக்கப்பட்ட மாதிரிகளின் (specimens) தன்மைகளுக்குத் தக்கவாறு எவ்வாறு உருமாதிரித் தாங்கிகளில் (specimen holders) பொருத்தப்படுகின்றன என்பதைப் பற்றியும், உருமாதிரிகளைப் பாதுகாக்கும் தன்மை, $\vec{B}$, மண்டல அச்சு, a, b, c, α, β, γ இவைகளின் விளக்கங்கள், தளங்களுக்கிடையேயுள்ள கோணங் களின் (ϕ) மதிப்பு, படிக வகைகள் முதலியவை பற்றியும் தெளிவாக விளக்கப்பட்டன. இப் பகுதியில் எலக்ட்ரான் நுண் ணோக்கியைப்ப டிகவியலுக்கு எவ்வாறு பயன்படுத்திப் படிகங் களின் கட்டமைப்புகளின் (structures) தன்மையைக் கண்டறியலா மென்று காணுவோம்.

1. விளிம்பு விளைவாக்கலும் அதன் பகுப்பாய்வும்

முதன்முதலாகப் பகுப்பாய்விற்கு அல்லது ஆராய்ச்சிக்காகத் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட செய்பொருளின் தன்மைக்கேற்ப மேற் கண்ட ஏதாவதொரு முறையைக் கையாண்டு, நுண்ணோக்கியில் செலுத்தும் நிலைக்கான உரு மாதிரியைத் தயாரிக்க வேண்டும். பின்னர் அது சரியாகவுள்ளதா எனக் கண்டுகொள்ள அதை நுண்ணோக்கிக்கான மாதிரித் தாங்கியில் (specimen holder) ஓர் ஒளி நுண்ணோக்கியின் உதவியாலும், சிறிய சாமணத்தின் உதவியாலும் நன்ருகப் பொருத்த வேண்டும். இதற்கு இரு நிலை

திருப்புத் தாங்கி (Double tilt holder) அல்லது சுழற்று திருப்புத் தாங்கி (Rotation tilt holder) ஆகிய இரண்டிலொன்றைப் பயன் படுத்தலாம். சரியான மாதிரிதான் என்று பரிசோதனை செய்யப் பட்ட பின்னர் நன்றாக உள்ள ஒரு பகுதியில் ஒரு குறிப்பிட்ட பரப்பைத் தேர்ந்தெடுத்து விளிம்புவிளைவு அமைப்பு ஏற்படுத்தப் படுகிறது. சில வகையான பகுப்பாய்வுக்கு மாதிரியின் ஓரங் களிலுள்ள பரப்புத் தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. ஒரே ஒரு படிகத்தைத் தேர்ந்தெடுத்து அதிலிருந்து பல பிற தள எறிவுருவுகள் (projections) எடுப்பது மேன்மையாகும். ஒரு பிற தள எறிவுருவிலிருந்து மற்றொன்றுக்குச் செல்ல உரு மாதிரியைச் சுழற்றவேண்டும். இவ்வாறு சுழற்றுவதற்குச் சில சமயங்களில் தேர்ந்தெடுத்த வீழ்படிவு (precipitate) அல்லது பரப்பு மாதிரியிலுள்ள துவாரத்தின் ஓரங்களில் இருப்பது நலம். குறிப்பிட்ட பரப்பின் ஒளிப் புலம் (bright field) முதலாவதாகப் படமாக்கப்படுகிறது. பின்னர் விளிம்புவிளைவாக்கப்பட்டு விளிம்பு விளைவு அமைப்பில் எல்லாத் திசைகளிலுமுள்ள விளிம்புவிளைவுப் புள்ளிகளின் செறிவுகள் (intensities) நன்றாக இருக்கும்போது விளிம்புவிளைவுப் படம் எடுக்கப்படுகிறது. பிற தள எறிவுரு (projection) நன்றாக இல்லையெனில் உருமாதிரியைச்சுழற்றி நன்றாக ஆக்கிக் கொள்ளலாம். அளவீடுகள் குறித்துக்கொள்ளப்பட்டு அந்த எறிவுப்படிவத்திலிருந்து உரு மாதிரியைச் சுழற்றிக் கொண்டே அதே படிகத்தைப் பயன்படுத்தி அதில் மற்றோர் எறிந்து காட்டலை அடைந்து அதன் படம் எடுக்கப்பட வேண்டும். இது கூறுவதைவிட செயல் முறையில் செய்வதென்பது மிகமிகக் கடினம். பின்னர் ஒவ்வொரு விளிம்பு விளைவு அமைப்பையும் குறியீடு செய்யவேண்டும். இதற்கு ஒவ்வொரு விளிம்பு விளைவு அமைப்பிற்கும் தனியாகக் கேமிரா நீளம் (camera length) கணக்கிடப்பட வேண்டும். விளிம்பு விளைவுப் புள்ளிகளுக் கிடையேயுள்ள தூரங்கள் மி.மீட்டரில் நுணுக்கமாக அளக்கப்பட வேண்டும். சிறிது பிழையிருந்தாலும், வேறான படிகத் தளங் களுக் கிடைவெளித் தூரம் கிடைப்பதற்கு ஏதுவாகவுள்ளது.

பல தடவைகள் படமாக்கப்பட்ட விளிம்பு விளைவு அமைப்பு களிலிருந்து ஒருசில விளிம்பு விளைவு அமைப்பு மறுபடியும் கிடைப்பதை அறியலாம். ஏற்கெனவே கிடைத்துள்ள விவரங்களை வைத்து ஒரு குறிப்பிட்ட கட்டமைப்பு (structure) என்னவென்று ஊகித்தறிய முடியும். அந்த விவரங்களை அடிப்படையாகக் கொண்டு முயற்சி-பிழை (Trial and error) முறையைக் கையாண்டு எடுத்துக் கொண்ட மாதிரியின் கட்டமைப்பைக் கண்டறிய வேண்டும். பல விளிம்பு விளைவு அமைப்புகளிலிருந்து

(100), (010), (001) பிரதிபலிப்புகளுக்கான d-ன் மதிப்புகளைக் (d-spacings) கணக்கிட்டுவிட்டால், பின்னர் இம் மதிப்புகளை a, b, c இவைகளுக்குக் கொடுத்து, படிக வகைகளுக்கான அதாவது கன சதுரம், நீள் கன சதுரம், போன்ற பல படிக ஒழுங்கு முறைகளுக்கான (Crystal systems) d-ன் மதிப்புகளைக் கம்ப்யூட்டரின் உதவிகொண்டு கணக்கிட்டறியலாம். இதற்கான தனியான கம்ப்யூட்டர் திட்ட அமைப்பைக்(Computer programme) கொண்டு எல்லாப் படிக ஒழுங்கு முறைகளுக்கும் (100), (010), (001) மதிப்புகளை a, b, c, என வைத்து, α, β, γ இவைகளின் மதிப்புகளை மாற்றி d-ன் மதிப்புகளைக் கணக்கிட்டு ஒரு படிகத்திற் கொரு பட்டியல் (list) தயாரித்துக் கொள்ளலாம்.

இதற்குப்பின் மாதிரியின் கட்டமைப்பை நிச்சயமாகத் தீர்மானிக்க [100], [010], [001] முதலிய பிற தள எறிவுப் படிவம் (projections) உள்ள எல்லாப் புள்ளிகளையும் குறியீடு செய்து, அப்புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள கோணங்களை அளந்து சரி பார்த்து நிச்சயிக்க வேண்டும். இதற்கு ஒளிப்படத் தகட்டிலேயே நேரடியாகக் கோணங்களை அளந்து, பின்னர் குறியீட்டின்படி அவைகள் சரியாக உள்ளனவா என்று சரிபார்க்க வேண்டும். மேலும் [100] எறிவுருவு [010] எறிந்து காட்டல் படம் எடுக்கும் போது மாதிரி எவ்வளவு கோணத்தில் சுழற்றப்பட்டுள்ளது என்பதை நேரடி அளவீட்டோடு (direct reading) கணக்கிட்டு முறைப்படியும் சரியாக உள்ளதா என்பதையும் சரிபார்க்க வேண்டும்.

உதாரணமாக, ஒரு கனசதுரப் படிகத்தில் [100] பிற தள எறிவுருவிற்கும், [010] பிற தள எறிவுருவிற்கும் இடையே உள்ள கோணம் 90° ஆகும். இதை ஒளிப்படம் அல்லது ஒளித் தகட்டிலிருந்து அளந்து சரிபார்க்கலாம். வேறு முறையில் விளிம்பு விளைவு அமைப்பில் குறியீடு செய்யப்பட்ட புள்ளி களுக்கு இடையேயுள்ள கோணம் (ϕ) எவ்வளவு என்று கணக்கிட்டும் அறியலாம். [100], [010], [001] முதலிய பிரதான எறிந்துகாட்டல்களாக (Principal projections) இல்லாதபொழுது ஒவ்வொரு விளிம்பு விளைவு அமைப்பின் மண்டல அச்சைக் (Zone axis) கணக்கிட்டு அவைகளுக்கிடையே யுள்ள கோணங்கள் எவ்வளவு எனக் கணக்கிட்டறிந்து தீர்மானம் செய்ய வேண்டும். ஆகையினால், ஒரு படிகத்தின் கட்டமைப்பு (structure) இன்னதுதான் என்று திட்டவட்டமாக நிச்சயித்துக் கூறப் பல விளிம்பு விளைவு அமைப்புகள் தேவைப்படுகின்றன. இவ்வாறு உள்ள பல விளிம்பு விளைவு அமைப்புகளிலுள்ள பிற தள

எறிவுருவுகள் பல ஒரே திருப்புத் தொடரில் (tilt series) இருந்தால் கட்டமைப்பை எளிதில் நிச்சயிக்கலாம்.

இவ்வாறு நிச்சயிக்கப்பட்ட பின்னர், அந்தக் கட்டமைப்பு முன்னர்க் கூறப்பட்ட ஏழு வகையான படிக ஒழுங்கு முறையில் எந்த முறையைச் சேர்ந்தது என்றும், எந்தத் தொகுப்பின் (group) அடியில் அது வருகிறதென்றும் கண்டறிந்து கூற வேண்டும். இதற்கு அனைத்துலக X-கதிர் படிகவியலுக்கான அட்டவணைகள் (International X-ray Crystallographic Tables) பெரிதும் பயன்படுகின்றது. இதன்படி கட்டமைப்பின் தன்மையைத் தீர்மானம் செய்து ஒரு தொகுப்பின்கீழ் குறிப்பிடும் போது, அத்தொகுப்பில் (group) கொடுக்கப்பட்ட சில நிபந்தனைகளின்படி சில விளிம்புவிளைவுப் புள்ளிகள் தவிர்க்கப்பட்டனவாக (forbidden) அறிவிக்கப்பட்டிருக்கும். அந்த நிபந்தனைகளின்படி விளிம்பு விளைவு அமைப்புகள் (Diffractions patterns) குறியிடப் பட்டுள்ளனவா என்று சரிபார்த்து அறியவேண்டும். இதற்காக விளிம்புவிளைவுப் புள்ளிகளின் செறிவுகளைக்(intensities) கணக்கிட்டறிந்து அதன்படி எந்தெந்தப் புள்ளிகள் பலவீனமான பிரதிபலிப்புகளாக (weak reflections) எந்தெந்தப் புள்ளிகள் திடமான பிரதிபலிப்பாக (Strong reflections) இருக்கின்றன என்பதையும் கணக்கிட்டறிய வேண்டுவது மிகவும் அவசியமாக உள்ளது.

2. வேதியியல் கூட்டுச்சேர்க்கை தீர்மானித்தல்

வேதியியல் கூட்டுச்சேர்க்கையைத் தீர்மானிக்க ஆற்றல் பிரிகைபகுப்பாய்வு X-கதிர் தொகுப்பு(EDA X-Energy Dispersive Analysing X - rays unit) பயன்படுத்தப்படுகிறது. இந்த அமைப்பு செலுத்துகை எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியோடு பொருத்தப்பட்டுள்ளது. வேண்டும் சமயத்தில் இதைப் பயன்படுத்தலாம். இதைப் பயன்படுத்தும்போது சுழற்றித் திருப்பும் தாங்கியைப் (rotation tilt holder) பயன்படுத்த வேண்டும். ஏனெனில், இதைப் பயன்படுத்தும்போது குறிப்பிட்ட பகுதியை ஒரு சரியான கோணத்தில் வைக்கும்போது X-கதிர்கள் மாதிரியின் அப் பகுதியில் பட்டுப் பிரிகையடைந்து அந்தப் பகுதியிலுள்ள வேதியியல் சேர்க்கைக்கு ஒத்த நிறமாலையை (spectrum) ஏற்படுத்துகிறது. எத்தனை வேதியல் கூட்டுச் சேர்க்கை உள்ளனவோ, அத்தனை நிறமாலைகள் திரையில் தெரியும் உதாரணமாக அலுமினியமும், இரும்பும்சேர்ந்த வேதியியல் கூட்டமாக இருந்தால் (அதாவது Al_3 Fe) அலுமினியத்தின் நிறமாலையும் இரும்பின் நிறமாலையும் தெரியும். அவைகள் எந்தச் சதவிகிதத்தில் சேர்ந்துள்ளனவோ, அதற்கு ஏற்ப நிறமாலைகளின் உச்ச மட்டம் (peak) இருக்கும்.

முதலில் ஒரு வீழ்படிவு எத்தகைய வேதியியல் கூட்டுச் சேர்க்கை யுடையது என்பதை யறிந்துகொண்டு, பின்னர் அதன்மீது விளிம்பு விளைவு அமைப்பை ஏற்படுத்தி அதனுடைய கட்ட மைப்பு (structure) எத்தன்மையான தென்பதையும் கண்டறி யலாம். வேதியியல் கூட்டுச்சேர்க்கையைத் தீர்மானிக்கின்ற பொழுது, நிறமாலைகளின் ஒளிப்படலங்கள் தேவைப்பட்டால் போலராய்டு கேமிராவைப் (Polaroid camera) பயன்படுத்திப் படங்கள் எடுத்துக் கொள்ளலாம். பகுப்பாய்விற்குத் தேவை யான பல குறிப்புகளும், விவரங்களும் கீழ்வரும் பகுதியில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

3. சில அவசியமான குறிப்புகளும் விவரங்களும்

1. லேட்டீஸ் (Lattice) : ஒரு வலைபோன்று இணையான புள்ளிகளின் அமைப்பு.

2. படிகக் கட்டமைப்பு : லேட்டீஸையும், அதன் அடிப்படை யையும் சேர்ந்த அமைப்பு.

3. யூனிட் செல் (Unit cell) : அடிப்படையாக வரையறுக்கப் பட்ட வெக்டார்களின் மாற்றச் செய்கையால் அடைக் கப்படும் எந்த ஒரு செல்லும் யூனிட் செல் ஆகும்.

4. பிரிமிட்டிவ் செல் (Primitive cell) : மூலைகளில் மட்டும் லேட்டீஸ் புள்ளிகளையுடைய ஒரு யூனிட் செல்.

5. படிக அச்சுகள் (Crystal axes) : மாற்றச்:செய்கைகளால் ஏற்படும் லேட்டீஸ் புள்ளிகளை உண்டாக்கும் வெக் டார்கள்.

6. லேட்டீஸ் மாறிலிகள் (Lattice constants) : படிக அச்சு களின் நீளங்கள்.

7. மாற்றச் செய்கை (Translation operation): ஒரு படிகத்தை அதற்கு இணையாக அடிப்படையாக மாற்ற வெக்டார் களின் முழு எண் அளவில் அல்லது அதன் பெருக்கல் அளவில் இடமாற்றுதல் செய்கையாகும். அதாவது,

$$\vec{T} = n_1 \vec{a} + n_2 \vec{b} + n_3 \vec{c}.$$

8. மாற்றத் தொகுப்பு (Translation group) : முடியுமான எல்லா மாற்றச் செய்கைகளின் மொத்தம். அதாவது, முடியுமான n-ன் மதிப்புகள்.

9. புள்ளித் தொகுப்பு (Point group) : மாற்றச் செய்கைகளைத் தவிர ஒரு பொருளின் மாறாத் தோற்றத்தைத் (invariant) தரக்கூடிய ஒத்த செய்கைகளின் தொகுப்பு. இரு பரிமாணத்தில் இது சுழற்றல்கள், சுழற்றிப் பிரதிபலித்தல்கள் (rotation - reflections) முதலியவைகளைச் சேர்த்து மொத்தம் 10 ஆகும். முப்பரிமாணத்தில் இது சுழற்றல், சுழற்றிப் பிரதிபலித்தல்கள், சுழற்றித் தலைகீழாக்கல்கள் (rotation - inversion) முதலியவைகளையும் சேர்த்து மொத்தம் 32 ஆகும்.

10. பிரவாஸ் லேட்டீஸ் (Bravais lattice) : லேட்டீஸ் புள்ளிகளில் புள்ளித்தொகுப்புச் செய்கைகளை உண்டாக்குவதற்குத் தேவையான லேட்டீஸ்களின் வகைகள். இவைகள் இருபரிமாணத்தில் ஐந்தும், முப்பரிமாணத்தில் (Three Dimension) பதினான்கும் ஆகும்.

11. படிக ஒழுங்குமுறை (Crystal system) அல்லது படிக வகுப்பு (Crystal class): அச்சுகளுக்கிடையேயுள்ள தொடர்புகளின் அடிப்படையில் கணக்கிட்டுப் பகுக்கப்பட்ட லேட்டீஸ்கள். இவைகள் இரு பரிமாணங்களில் (Two Dimensions) நான்கும், முப்பரிமாணங்களில் ஏழும் ஆகும்.

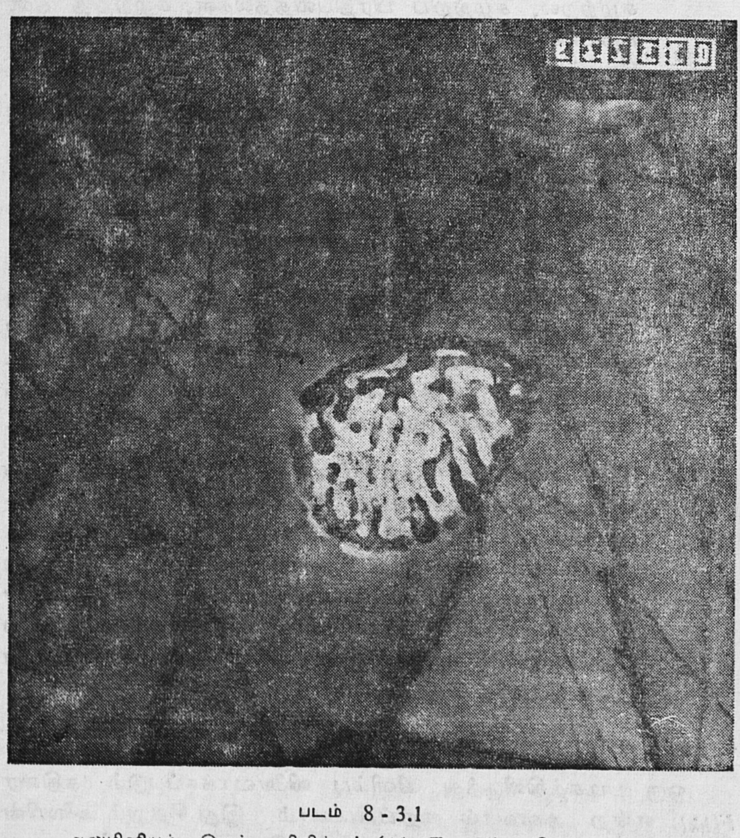
12. இடைவெளித் தொகுப்பு (Space group): ஒரு கொடுக்கப்பட்ட படிகக் கட்டமைப்பின் பல ஒத்த தனிமங்களின் (symmetry elements) தொகுப்பு. இதில் மாற்றத் தன்மையும் வருவதால் இடைவெளி (space) மாறாத் தோற்றத்தைக் கொடுக்கக்கூடிய ஒத்த தனிமங்களின் தொகுப்பாகும். இவைகள் இரு பரிமாணத்தில் பதினேழும், முப்பரிமாணத்தில் இருநூற்று முப்பது இடைவெளித் தொகுப்பும் ஆகும்.

4. கட்டமைப்பு எண்களைக் கணக்கிடுதல்

ஒரு படிகத்திலிருந்து விளிம்பு விளைவாக்கப்படும் கதிரை $F(hkl)$ என்ற அளவால் குறிப்பிடலாம். இது சிதறும் அலையின் வீச்சின் அளவையும் (magnitude) சிதறும் அலையினுடைய திசையையும் தன்னகத்தே உடையதாக உள்ளது அடுக்குத் தன்மையான வடிவத்தில் (exponential form) $F(hkl)$-ன் பல்கூட்டு அளவை (Complex quantity) கீழ்க்காணுமாறு எழுதலாம்.

$$F_{(hkl)} = \Sigma_j f_j e^{i\phi j} \quad \ldots \quad (1)$$

இதில் Σ_j-என்பது j அணுக்களின் (ஒரு யூனிட் செல்) கூட்டு மொத்த (summation) மாகும். f_j-என்பது ஒவ்வோர் அணுவினுடைய வடிவ எண் (Form factor). இது ஒவ்வோர் அணுவினுடைய சிதறும் திறனை அல்லது சக்தியைக் (Scattering power)

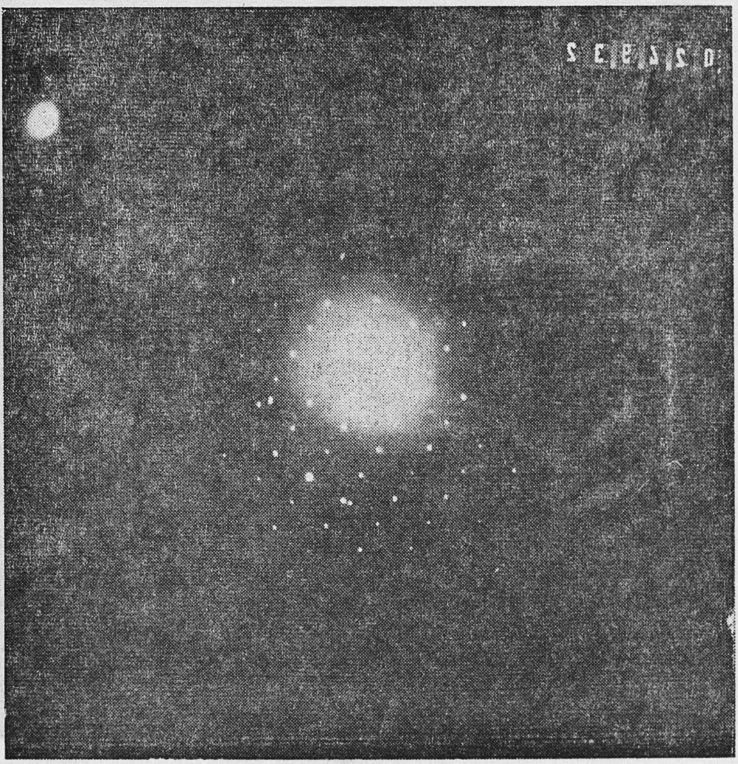


படம் 8 - 3.1

அலுமினியம் - இரும்பு - சிலிக்கன் (Al - Fe - Si) உலோகக் கூட்டிலுள்ள ஒரு வீழ்படிவின (precipitate) ஒளிப்படம். 20,000 X.

குறிக்கிறது. ϕ_j-என்பது கட்ட கோணத்தின் (Phase angle) மதிப்பு ஆகும். இத் தன்மையையும், $e^{j\phi}$-ன் தெளிவான விளக்கத்திற்கு 'படிகக் கட்டமைப்பு பகுப்பாய்வு' என்ற தலைப்பின் கீழ் M.J. பூயூர்செர் (M.J.Buerger) என்பவர் எழுதிய நூலைப் படித்

தறியவும். ϕ_j என்ற கட்ட கோணத்தை யூனிட் செல்லில் உள்ள அணுக்களின் x_j, y_j, z_j இணைசேர் அளவுகளில் (Co-ordinates) கீழ்க்காணுமாறு எழுதலாம்.



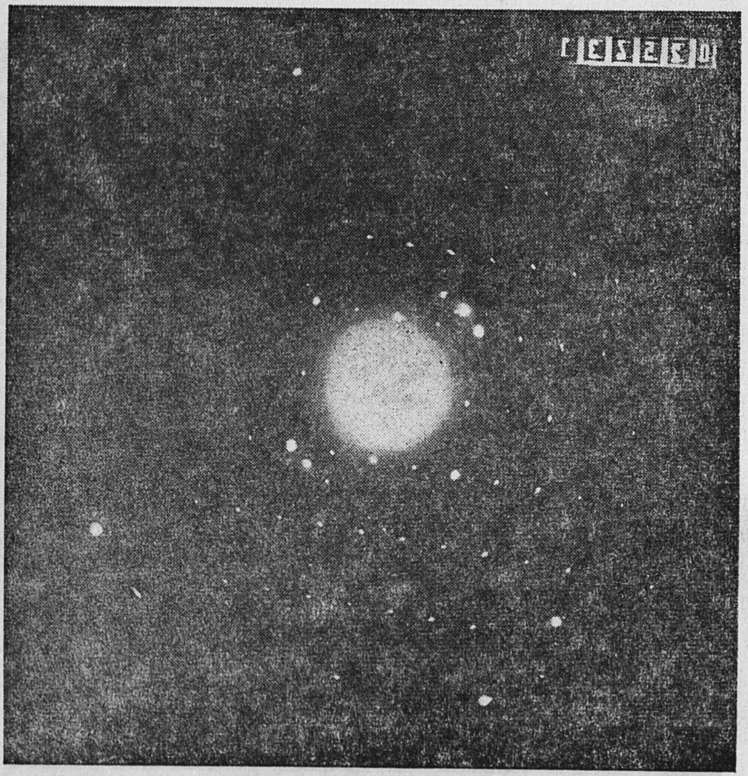
படம் 8 - 3.2

அலுமினியம்-இரும்பு-சிலிக்கன் (Al-Fe-Si) உலோகக் கூட்டிலுள்ள $Al_9 Fe_2$ என்ற வேதிய கூட்டு வீழ்படிவிலிருந்து எடுக்கப்பட்ட மூன்று வேறுபட்ட விளிம்பு விளைவு அமைப்புகள். 20,000X.

$$\phi_j = 2\pi (hx_j + ky_j + lz_j)$$

ஆகையினால், $F_{(hkl)} = \Sigma_j f_j e^{2\pi i (hxj + kyj + lzj)}$ ... (2)

$F_{(hkl)}$ என்பதை அதனுடைய உண்மையான (real), பிம்பத் தன்மையான அல்லது கற்பனைக் (imaginary) கூறுகளாகவும் எழுதலாம். $F_{(hkl)} = F_{(hkl)} \cos\phi + i/F_{(hkl)}/\sin\phi$ ... (3)



படம் 8 - 3.3

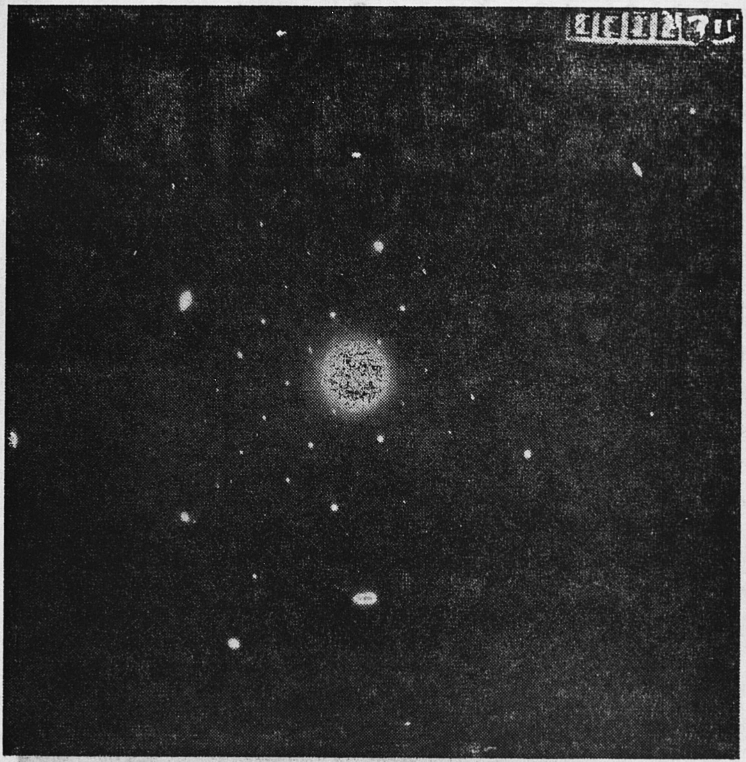
அலுமினியம்-இரும்ப-சிலிக்கன் (Al-Fe-Si) உலோகக் கூட்டிலுள்ள Al_9 Fe_2 என்ற வேதிய கூட்டு வீழ்படிவிலிருந்து எடுக்கப்பட்ட மூன்று வேறுபட்ட விளிம்பு விளைவு அமைப்புகள். 20,000 X.

அதாவது, $F_{(hkl)} = (\Sigma_j f_j \cos\phi_j) + i(\Sigma_j f_j \sin\phi_j)$ ... (4)

என்று எழுதுவதும் ஒத்த தன்மையுடையதாகும்.

ϕ-ன் மதிப்பை இந்தச் சமன்பாட்டில் பிரதியீடு செய்ய,

$$F_{(hkl)} = [\Sigma_j f_j \cos 2\pi (hx_j + ky_j + lz_j)] + i [\Sigma_j f_j \sin 2\pi (hx_j + ky_j + lz_j)] \quad \ldots \quad (5)$$



படம் 8 - 3.4

அலுமினியம்-இரும்பு-சிலிக்கன் (Al-Fe-Si) உலோகக் கூட்டிலுள்ள Al_9 Fe_2 என்ற வேதியக் கூட்டு வீழ்படிவிலிருந்து எடுக்கப்பட்ட மூன்று வேறுபட்ட விளிம்பு விளைவு அமைப்புகள் 20,000 X.

இப்பொழுது,

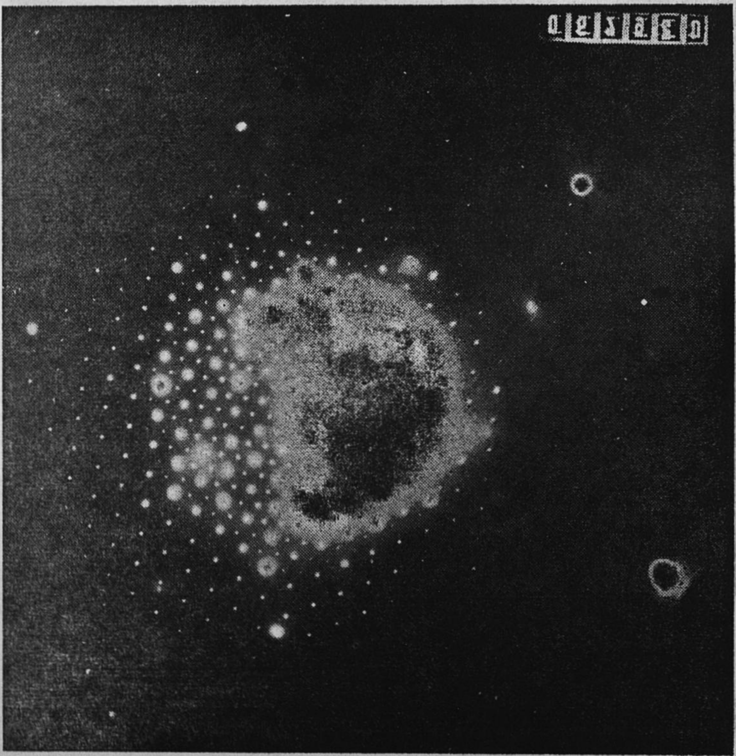
$$A = \sum_{j=1}^{N} f_j \cos 2\pi (hx_j + ky_j + lz_j)$$

என்றும்,

$$B = \sum_{j=1}^{N} f_j \sin 2\pi \,(hx_j + ky_j + lz_j)$$

என்றும் எடுத்துக் கொண்டு எழுதுவோமானால்,

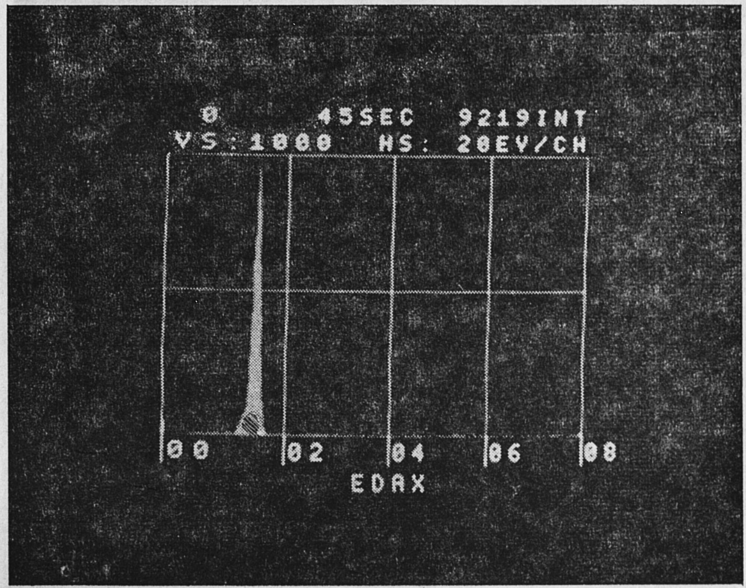
பின்னர், $$F_{(hkl)} = A + i\,B \qquad \dots \quad (6)$$



படம் 8 - 3.5

அலுமினியம்-இம்பு-சிலிக்கன் (Al-Fe-Si) உலோகக் கூட்டை 500°C வெப்ப நிலையில் 24 மணி நேரங்களுக்கு வைத்து, உடனே குளிரச் செய்ததின் மாதிரியிலிருந்து எடுக்கப்பட்ட விளிம்பு விளைவு அமைப்பு 20,000 X.

மேலும் இப்போது $|F_{(hkl)}| = (A^2 + B^2)^{\frac{1}{2}}$ என்று எழுதினால் இதில் $|F_{(hkl)}|$ என்பது கட்டமைப்பு வீச்சு (Structure Amplitude) ஆகும். அதாவது இது கட்டமைப்பு எண்ணின் அளவைக் காட்டும் சமன்பாடுகள் (1)-உம், (2)-உம் கட்டமைப்பு எண்ணை எடுத்துக்காட்டும் இரு வேறுபட்ட வழிகளாகும். ஒரு மைய



படம் 8 - 3.6

EDAX-லிருந்து போலராய்டு கேமிராவின் உதவியினால் எடுக்கப்பட்ட ஒளிப் படம். இதில அலுமினியத்தின் நிறமாலை மட்டும உள்ளதைக காணலாம.

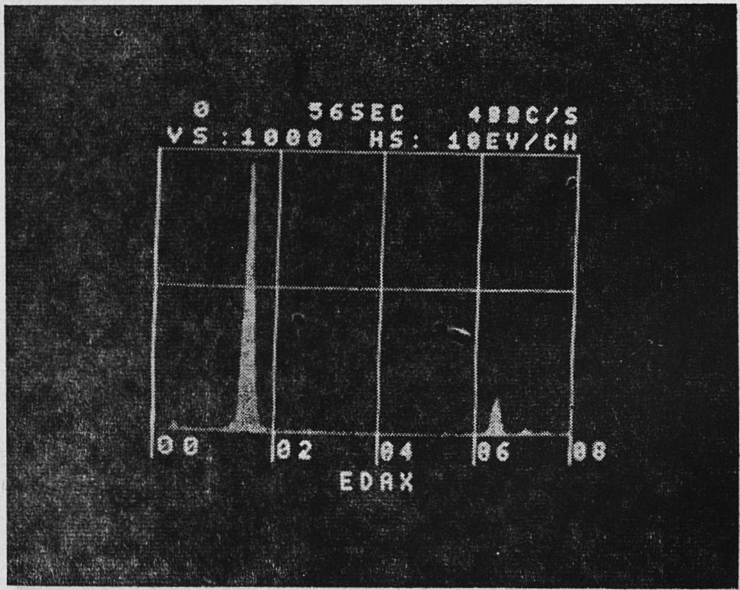
ஒத்த தன்மை இடைவெளித் தொகுப்பில் (Centro-symmetric space group), sin எண்ணங்களின் மொத்தம் சுழிக்குச் சமமாகும். ஆகையினால் கட்டமைப்பு எண் கீழ்க் கண்டவாறு மாறும்.

$$F_{(hkl)} = \Sigma_j f_j \, 2\pi \, (hx_j + kh_j + lz_j)$$

வெக்டார் எண்ணிடல் (Notation) முறையில்,

$$F_{\vec{h}} = \Sigma_j f_j \cos 2\pi \, \vec{h} \cdot \vec{r}_j$$

இங்கே γ_j-என்பது யூனிட் செல்லிலுள்ள j-என்ற அணுவின் நிலையைக் குறிக்கும். $\overleftarrow{h}$ என்பது (hkl) என்ற புள்ளி ரெசிப்பு ரோக்கல் இடைவெளியிலுள்ள நிலையைக் குறிக்கும்,



படம் 8 - 3.7

EDAX-லிருந்து போலராய்டு கேமிராவின் உதவியினுல் எடுக்கப்பட்ட ஒளிப்படம். Al_9 Fe_2 என்ற வேதியக் கூட்டு உள்ள வீழ்படிவிலிருந்து எடுக்கப் பட்டதால், இதில் அலுமினியம், இரும்பு ஆகியவைகளின் நிறமாலைகள் உள்ளதைக் காணலாம்.

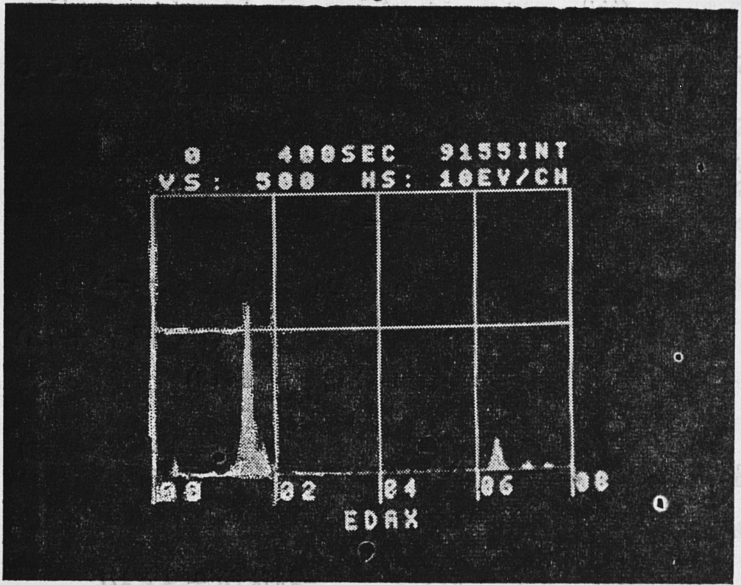
மைய ஒத்த வகையில் கட்டம் (Phase) π ஆகவோ அல்லது O-(சுழி)யாகவோ மட்டுந்தான் இருக்க முடியும். ஆகையினுல் அதனுடைய கட்டமைப்பு எண்-F அல்லது F ஆகும். இதன் காரணமாக, கட்டத்தீர்வுக்கான நேரடியான முறைகளை குறியீட்டுத் தீர்மானம் (Sign determination) என்று குறிப்பிடப் படுகிறது.

நேரடி முறைகளில் ஒன்றைச் சார்ந்த கட்டமைப்பு எண் (Unitary structure factor)ஐயோ (Uh) அல்லது நேர்குத்தாக்கப் பட்ட கட்டமைப்பு எண் (Normalised structure factor) ஐயோ

(E_h) பயன்படுத்தப்படுகிறது. இவ் விரு கட்டமைப்பு எண்கள் கீழ்க்கண்டவாறு F_h-உடன் தொடர்பு உண்டாக்கப்படுகின்றன.

$$U_h = F_h / \Sigma_j f_j \qquad \ldots \quad (7)$$

$\Sigma_j f_j$ என்பது பெரும் மதிப்பாகும். F_h-ன் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம். ஆகையினால் U_h என்பது F_h-ன் பின்னமாகக் கொடுக்கப்படுகிறது.



படம் 8 - 3.8

EDAX-லிருந்து போலராய்டு கேமிராவின் உதவியினால் எடுக்கப்பட்ட ஒளிப் படம். Al_{2}, Fe, Si என்ற வீழ்படிவு பயன்படுத்தப்பட்டதால், இதில் அலுமினியம், இரும்பு, சிலிக்கன் ஆகிய மூன்றின் நிறமாலைகளைக் காணலாம்.

$f_j / \Sigma_j f_j$ என்பது n_j-க்கு சமமாக்கப்படலாம்

அப்போது $U_h = \Sigma_j n_j \cos 2\pi \vec{h}, \vec{\gamma}_j$ என்று ஆகும்.

F_h-க்கு f_j-என்பது என்னவாக இருக்கிறதோ, அதே போன்று U_h-க்கு n_j ஆகும்.

$$F_h = U_h / < U^2 >^{\frac{1}{2}} \qquad \dots \quad (8)$$

5. பொருள் மைய கனசதுர லேட்டீஸின் (B C C Lattice) கட்டமைப்பு எண்ணைக் கணக்கிடுதல்

கட்டமைப்பு எண்ணிற்கான பொதுச் சமன்பாடு

$$F_{(hkl)} = \sum_{j=1}^{N} f_j \exp[-i\, 2\pi\, (hx_j + ky_j + lz_j)]$$

பொருள் மைய அல்லது உருவ மைய கட்டமைப்பின் (B C C Structure) அடிப்பாகம் வழக்கமான கனசதுர யூனிட் செல்லாகக் கொண்டு, இதில் (0,0,0)-என்ற புள்ளியிலும், $(\frac{1}{2}\,\frac{1}{2}\,\frac{1}{2})$-என்ற புள்ளியிலும் ஒத்த தன்மையான அணுக்களைக் கொண்டதாகக் கொள்ளப்படுகிறது. ஒரு அணுவிற்கு $x_1 = y_1 = z_1 = 0$ ஆகும். மற்றொரு அணுவிற்கு $x_2 = y_2 = z_2 = 0$ ஆகும். ஆகையினால்,

$$F_{(hkl)} = f_1\, e^{-1\pi i\,(hx_1 + ky_1 + lz_1)} + f_2 e^{-2\pi i\,(hx_2 + ky_2 + lz_2)}$$

$$= f_1\, e^{-2\pi i\,(j = 1)} + f_2 e^{-2\pi i\,(2)}$$

j = என்ற அணு (0,0,0)-ல் உள்ளது. $j = 2$ என்ற அணு $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$-லும் உள்ளது.

அதாவது,

$$F_{(hkl)} = f_1 e^{-2\pi i\,(0)} + f_2 e^{-2\pi i \frac{1}{2}\,(h + \frac{1}{2} k \frac{1}{2} l)}$$

$$= f_1 e^{0} + f_2 e^{-2\pi i \frac{1}{2}\,(h + k + l)}$$

$$= f_1 e^{0} \times f_2 e^{-i\pi\,(h + k + l)}$$

$$= f_1 + f_2 e^{-i\pi\,((h + k + l)}$$

ஆனால் ஒரே தன்மையான, சமமான அணுக்களுக்கு,

$$f_1 = f_2$$

ஆகையினால்

$$F_{(hkl)} = f_1 + f_1 e^{-i\pi} (h + k + l)$$

$$= f_1 [1 + e^{-i\pi (h + k + l)}]$$

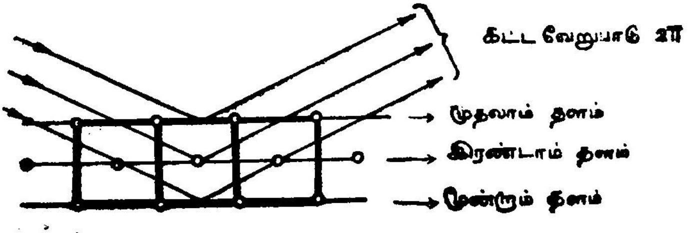
$$= f \{ 1 + exp [- i\pi (h + k + l)] \}$$

இங்கே f- என்பது ஒரு அணுவினுடைய சிதறும் திறன் அல்லது சக்தி (Scattering power) ஆகும். எப்பொழுதெல்லாம் அடுக்குத் தன்மையின் (Exponential) மதிப்பு-1 என்று இருக்கிறதோ அப் பொழுதெல்லாம் $F = 0$ என்றாகும். அதாவது அதனுடைய மதிப்பு $-i\pi$-ன் ஒற்றை எண் பெருக்கல் பலனாக இருந்தால், அடுக் குத்தன்மையின் மதிப்பு-1ஆகிறது. அதாவது

$h + k + l =$ ஒரு ஒற்றை எண்ணாக இருந்தால் $F = 0$;

$h + k + l =$ ஒரு இரட்டை எண்ணாக இருந்தால் $F = 2f$

உலோகத்தன்மையான சோடியம் (Sodium) ஒரு பொருள்மைய கனசதுர கட்டமைப்புடையது. ஆகையினால், அதனுடைய விளிம்பு விளைவு நிறமாலையில் (100), (300), (111) அல்லது (221) போன்ற கோடுகள் இராது. ஆனால் (200), (110), (222)



படம் 8-5.1

இரு அடுத்தடுத்த தளங்களிலிருந்து வரும் பிரதிபலிப்புகளின் வீச்சு.

$1 + e^{-i\pi} = 1 - 1 = 0.$

போன்ற கோடுகள் தோன்றும். இங்கு (hkl)-ன் மதிப்பு ஒரு கனசதுர செல்லினுடையதாகக் கொள்ளப்படுகிறது. ஒரு பொருள் மைய கனசதுர லேட்டிஸிலிருந்து (100)-ன் பிரதிபலிப்பு

மறைவதற்கான பௌதீகத் தன்மையிலான விளக்கம் என்ன? பொருள்மைய கனசதுர லேட்டீஸில் (100), (300), (111) போன்ற பிரதிபலிப்புகள் ஏன் தோன்றுவதில்லை?

மேலே காட்டப்பட்டுள்ள படத்திலிருந்து, 1-வது தளத்தில் இருந்தும், 2 - வது தளத்திலிருந்தும் பிரதிபலித்து வரும்போது அப் பிரதிபலிப்புகளுக்கு இடையேயுள்ள கட்டவேறுபாடு (Phase-difference) 2π ஆக இருக்கும்போது (100) என்ற பிரதிபலிப்பு சாதாரணமாகத் தோன்றுகிறது. இத்தளங்கள் ஓரலகு கனசதுரத் தோடு சேர்ந்தவைகளாகும். ஆனால், ஒரு பொருள் மைய கன சதுர லேட் டீஸில் இவ்வித தளங்களுக்கு இடையே மற்றொரு அணுக்களின் தளம் ஒன்று வருகிறது இது படத்தில் 2-வது தளம் எனக் காட்டப் பட்டிருப்பதைக் காணலாம். இத்தளத்தினுடைய சிதறும் திறன் (Scattering power) மற்ற தளங்களின் சிதறும் திற னுக்குச் சமமாக உள்ளது. இத்தளம் மற்ற விரு தளங்களின் மையத்திலிருந்து கொண்டு, 1-வது தளத்தை ஒப்பிடும்போது π-அளவு கட்டமுள்ள வேகத்தளர்ச்சியான பிரதிபலிப்பைக்கொடுப் பதால் இது 1-வது தளத்திலிருந்து கிடைக்கும் பிரதிபலிப்பைச் சரியாக்கி நீக்கிவிடுகிறது. இந்த விதமான (100) பிரதிபலிப்பு நீக்கம் (Cancellation) பொருள் மைய கனசதுர லேட்டீஸில் ஏற்படுகிறது. ஏனெனில் கூட்டுத் தன்மையை ஒத்தவரை தளங் கள் ஒரே தன்மையுடையனவாகும். *Cs cl*-கட்டமைப்பில் இவ் வாறு ஏற்படுவதில்லை. *Cs, cl* அயனிகளின் தளங்கள் ஒன்றுவிட் டொன்றாக இருந்தாலும், *Cs*-னுடைய சிதறும் திறன் அல்லது சக்தி *Cl*-னுடைய சிதறும் திறனைவிட பலமடங்கு பெரிதாக உள் ளது ஏனெனில், C_s^+-ன் என்பது 54 எலக்ட்ரான்களையும், Cl^- என்பது 18 எலக்ட்ரான்களை மட்டும் உடையதாக இருப் பதே காரணமாகும் ஆகையினால் C_s^+-ன் பிரதிபலிப்பு Cl^--ன் பிரதிபலிப்பைவிட மிகப்பலம் வாய்ந்ததாக உள்ளது. ஆகையினால் பிரதிபலிப்பு நீக்கம் நடைபெறுவதற்குச் சாத்தியமில்லை.

6 பக்க மைய கனசதுர லேட்டீஸின் (FCC Lattice) கட்டமைப்பு எண்ணைக் கணக்கிட்டறிதல்

கட்டமைப்பு எண்ணைக் கணக்கிடுவதற்கான பொதுச்-சமன்

$$F_{(hkl)} = \sum_{j=1}^{N} e^{-2\pi i\,(hxj + kyj + lzj)}$$

பாடு பக்க மைய கனசதுர கட்டமைப்பின் (fcc) அடிப்பாகம் ஒரு வழக்கமான கனசதுர யூனிட் செல்லினுடையதாகக் கொள்ளப் படுகிறது. இதில் ஒரே தன்மையான நான்கு அணுக்கள் $(0, 0, 0)$ $(0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ $(\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2})$ $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0)$ நிலைகளில் உள்ளன. ஆகையினால்,

$$F_{(hkl)} = \sum_{j=1}^{N} f_j \, e^{-2\pi i (hxj + kyj + lzj)}$$

$$= f_1 e^{-2\pi i (j+1)} + f_2 e^{-2\pi i (j+2)} + f_3 e^{-2\pi i (j+3)} + f_4 e^{-2\pi i (j+4)}$$

$$= f_1 e^{-2\pi i (0)} + f_2 e^{-2\pi i (oh + \frac{1}{2}k + \frac{1}{2}l)} + f_3 e^{-2\pi i (\frac{1}{2}h + ok + \frac{1}{2}l)} + f_4 e^{-2\pi i (\frac{1}{2}h + \frac{1}{2}k + ol)}$$

$$f_1 e^{\circ} + f_2 e^{-i\pi (k+l)} + f_3 e^{-i\pi (l+h)} + f_4 e^{-i\pi (h+k)}$$

எல்லா அணுக்களும் ஒரே தன்மையுடையனவாகையால், அவைகள் ஒரே சிதறும் திறனை உடையனவாக இருக்கின்றன.

ஆகையினால், $f_1 = f_2 = f_3 = f_4$

அதாவது, $$F_{(hkl)} = f_1 + f_1 e^{-i\pi (k+l)} + f_1 e^{-i\pi (l+h)} + f_1 e^{-i\pi (h+k)}$$

$$= f_1 [1 + e^{-i\pi (k+l)} + e^{-i\pi (l+h)} + e^{-i\pi (h+k)}]$$

அதாவது, $$F_{(hkl)} = f [1 + e^{-i\pi (k+l)} + e^{-i\pi (l+h)} + e^{-i\pi (h+k)}]$$

பக்கமையகனசதுர லேட்டீஸின் கட்டமைப்பு எண்சமன்பாட்டில் $(k+l)$, $(l+h)$, $(h+k)$ என்பவைகள் வருவதால், எல்லாக் குறியீட்டெண்களும் (அதாவது h, k, l- களின் மதிப்புகள்) இரட்டையான எண்களாக இருந்தால் $F = 4f$ ஆகும். இதே போன்று எல்லா எண்களும் ஒற்றையான எண்களாக இருந்தாலும் $F = 4f$ தான். ஆனால் ஒரு எண் மட்டும் இரட்டையான எண்ணாகவும், மற்றவிரு எண்களும் ஒற்றை இலக்க எண்களாக இருந்தால், $F = 0$ ஆகும். இதே போன்று ஒரு எண் மட்டும் ஒற்றை இலக்க எண்ணாகவும், மற்றவிரு எண்கள் இரட்டை இலக்க எண்களாகவும் இருந்தால் $F = 0$ தான். ஆகையினால் ஒரு பக்க மையகனசதுர லேட்டீஸில் எல்லா எண்களும் இரட்டை இலக்கமாக அல்லது ஒற்றை இலக்கமாக இருக்கும் பிரதிபலிப்புகள் மட்டுந்தான் தோன்றுகின்றன.

7. பொருள் மைய கனசதுர லேட்டீஸில் தோன்றும் பிரதிபலிப்புகளையும் தோன்றாத பிரதிபலிப்புகளையும் கண்டறிதல்

ஒரு பொருள்மைய கனசதுர லேட்டீஸில் (100),(300),(111), (221) போன்ற பிரதிபலிப்புகள் தோன்றுவதில்லை என்றும், ஆனால் (200), (110), (222) போன்ற பிரதிபலிப்புகள் தோன்றும் என்றும் கூறினோம். இவற்றைக் கீழ் காணும் கணக்கிடும் முறையில் தெரிந்து கொள்ளலாம்.

பொருள் மைய கனசதுர லேட்டீஸில் கட்டமைப்பு எண்ணைக் கணக்கிடும் சமன்பாடு,

$$F_{(hkl)} = f(1+e)^{-i\pi\,(h+k+l)}$$

$$F_{(100)} = f(1+e)^{-i\pi\,(1+0+0)}$$

$$= f(1+1)+0 \qquad \because e^{-i\pi} = -1$$

அதாவது (100) என்ற புள்ளியின் செறிவு சுழியாகும். ஆகையினால் (100) என்ற பிரதிபலிப்பு தோன்றாது. இதே போன்று

$$F_{(300)} = f(1+e^{-i\pi\,(3+0+0)})$$

$$= f(1+e^{-3\pi i})$$

$$= f(1-1) = 0 \qquad \because e^{-3\pi i} = -1$$

அல்லது $e^{-n\pi i} = -1$

இதில் $n = 1, 3, 5 \ \ldots$

$$F_{(111)} = f(1 + e^{-i\pi(1+1+1)})$$

$$= f(1 + e^{-3\pi i})$$

$$= f(1-1)$$

$$= \underline{\underline{0}}$$

$$F_{(221)} = f(1 + e^{-i\pi(2+2+1)})$$

$$= f(1 + e^{-5\pi i})$$

$$= f(1-1)$$

$$= 0$$

ஆகையினால் மேற்கண்ட கணக்கீடுகளிலிருந்து (300), (111), (221) என்ற புள்ளிகளில் செறிவு சுழியாக உள்ளது என்பது தெரிகின்றது. ஆகையினால் இப்புள்ளிகள் தோன்றுவதில்லை. பொருள் மைய கனசதுர படிகங்களினால் ஏற்படுத்தப்படும் விளிம்பு விளைவு அமைப்பில் இப் புள்ளிகள் தோன்றுவதில்லை.

இதே போன்று (200), (110), (222) புள்ளிகளிலுள்ள செறிவைக் கணக்கிட்டறிந்தால்,

$$F_{(200)} = f(1 + e^{-i\pi(2+0+0)})$$

$$= f(1 + e^{-2\pi i})$$

$$= f(1+1)$$

$$= \underline{2f}$$

$$F_{(110)} = f(1 + e^{-i\pi}(1 + 1 + 0))$$

$$= f(1 + e^{-2\pi i})$$

$$= f(1 + 1)$$

$$= 2f$$

$$F_{(222)} = f(1 + e^{-i\pi}(2 + 2 + 2))$$

$$= f(1\ e^{-6\pi i})$$

$$= f(1 + 1)$$

$$= 2f$$

ஆகையினால் (200), (120), (222) என்ற புள்ளிகள் தோன்று கின்றன என்பதை அறியலாம்.

8. பக்க மைய கனசதுர லேட்டீஸில் தோன்றும், தோன்றாப் பிரதி பலிப்புகளைக் கண்டறிதல்

ஒரு பக்க மைய கனசதுர லேட்டீஸில் தோன்றும் பிரதி பலிப்புகளின் குறியீட்டெண்கள் அனைத்தும் இரட்டை இலக்க எண்களாகவோ அல்லது அனைத்தும் ஒற்றை இலக்க எண் களாகவோ இருக்க வேண்டுமென்று கூறப்பட்டது. இதில் சுழியை இரட்டை இலக்கமாகக் கொள்ளப்படுகிறது. இவ்வாறு பார்க்கின்ற போது (200), (111), (222) போன்ற புள்ளிகள் தோன்ற வேண்டும். (100), (121), (010) போன்ற புள்ளிகள் தோன்றக் கூடாது. இப்பொழுது இப்புள்ளிகளில் உள்ள செறிவைக் கணக்கிட்டுச் சரி பார்ப்போம்.

பக்க மைய கனசதுர லேட்டீஸின் கட்டமைப்பு எண்ணைக் கணக்கிடப் பயன்படுத்தும் சமன்பாடு,

$$\therefore F_{(hkl)} = f[1 + e^{-i\pi}(k + l) + e^{-i\pi(l+h)} + e^{-i\pi}(h + k)]$$

அதாவது,

$$\therefore F_{(200)} = f[+e^{-i\pi(0+0)} + e^{-i\pi}(0+2) + e^{-i\pi(2+0)}]$$

$$= f[1 + e^{\circ} + e^{-2\pi i} + e^{-2\pi i}]$$

$$= f[1 + 1 + 1 + 1]$$

$$= 4f.$$

$$F_{(222)} = f[1 + e^{-i\pi\,(2 + 2)} + e^{-i\pi\,(2+2)} + e^{-i\pi(2+2)}]$$

$$= f[1 + e^{-4\pi i} + e^{-4\pi i} + e^{-4\pi i}]$$

$$= f[1 + 1 + 1 + 1]$$

$$= 4f.$$

ஆகையினால் (200), (111), (222) போன்ற பிரதிபலிப்புகள் தோன்றும் என்பது தெரிகிறது.

இப்பொழுது (100), (121), (010) போன்ற புள்ளிகளை எடுத்துக் கொண்டு செறிவைக் கணக்கிட்டால்,

$$F_{(hkl)} = f[1 + e^{-i\pi\,(k + l)} + e^{-i\pi\,(l + h)} = e^{-i\pi(h + k)}]$$

$$F_{(100)} = f[1 + e^{-i\pi\,(0+0)} + e^{-t\pi\,(0+1)} + e^{-i\pi(1 + 0)}]$$

$$= f[1 + e^{\circ} + e^{-i\pi} + e^{-i\pi}]$$

$$= f[1 + 1 - 1 - 1]$$

$$= f(2 - 2)$$

$$= 0.$$

$$F_{(121)} = f[1 + e^{-i\pi(2 + 1)} + e^{-i\pi(1 + 1)} + e^{-i\pi\,(1+2)}]$$

$$= f[1 + e^{-3\pi i} + e^{-2\pi i} + e^{-3\pi i}]$$

$$= f[1 - 1 + 1 - 1]$$

$$= f[2 - 2]$$

$$= 0.$$

$$F_{(010)} = f[1 + e^{-i\pi(1+0)} + e^{-i\pi(0+0)} + e^{-i\pi(0+1)}]$$

$$= f[1 + e^{-i\pi} + e^{\circ} + e^{-i\pi}]$$

$$= f[1 - 1 + 1 \times 1]$$

$$= f(2 - 2)$$

$$= \underline{0.}$$

(100), (121), (010) முதலிய புள்ளிகளில் கணக்கிடப்பட்ட செறிவு சுழியாக உள்ளது. ஆகையினால் இப்புள்ளிகள் தோன்றாது என்பது தெரிகிறது.

9. விளிம்பு விளைவு அமைப்பிலுள்ள இரு புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள கோணத்தைக் கணக்கிடல்.

ஒரு விளிம்பு விளைவு அமைப்பிலுள்ள புள்ளிகளைக் குறியிட்டு பின்னர் அவைகளைச் சரி பார்க்க அவைகளுக்கிடையேயுள்ள கோணத்தைக் கணக்கிட வேண்டும். கோணத்தை வைத்து சரியான குறியீட்டெண்களைக் கொடுக்க முடியும். $(h_1 k_1 l_1)$, $(h_2 k_2 l_2)$ இவைகள் இரு புள்ளிகளுடைய குறியீட்டெண்களாகவும் இவைகளுக்கிடையேயுள்ள கோணம் ϕ ஆகவும் இருந்தால், d_1, d_2 என்பவை இப்புள்ளிகளையுடைய தளங்களின் இடைவெளியாகவும் எடுத்துக் கொண்டால், பல்வேறு இடைவெளி லேட்டிஸ்களின் வகைகளுக்கான கோணக் கணக்கிடும் சமன்பாடுகள் கீழே தரப் பட்டுள்ளன.

(1) மோனோக்கிளினிக் படிகம், (Mono clinic crystal)

$$\cos\phi = d_1 d_2 \left(\frac{h_1 h_2}{a^2 \sin^2\beta} + \frac{k_1 k_2}{b^2} + \frac{l_1 l_2}{c^2 \sin^2} - \frac{(l_1 h_2 + l_2 h_1)\cos\beta}{ac \sin^2\beta} \right)$$

(2) ஆர்த்தோராம்பிக் படிகம், (ortho rhombic crystal)

$$\cos = \frac{\frac{h_1 h_2}{a^2} + \frac{k_1 k_2}{b^2} + \frac{l_1 l_2}{c^2}}{\left[\left(\frac{h_1^2}{a^2} + \frac{k_1^2}{b^2} + \frac{l_1^2}{c^2} \right) \left(\frac{h_2^2}{a^2} + \frac{k_2^2}{b^2} + \frac{l_2^2}{c^2} \right) \right]^{\frac{1}{2}}}$$

(3) **அறுங்கோணப் படிகம்,** (Hexagonal crystal)

$$\cos = \frac{h_1 h_2 + k_1 k_2 + \frac{1}{2}(h_1 k_2 + h_2 k_1) + \frac{3a^2 l_1 l_2}{4c^2}}{\left[\left(h_1^2 + k_1^2 + h_1 k_2 + \frac{3a^2 l_1^2}{4c^2}\right)\left(h_2^2 + k_2^2 + h_2 k_2 + \frac{3a^2 l_2^2}{4c^2}\right)\right]^{\frac{1}{2}}}$$

(4) **நீள் கன சதுரப்படிகம்,** (Rectangular crystal or Tetragonal crystal)

$$\cos \phi = \frac{\frac{h_1 h_2 + k_1 k_2}{a^2} + \frac{l_1 l_2}{e^2}}{\left[\left(\frac{h_1^2 + h_1^2}{a^2} + \frac{l_1^2}{c^2}\right)\left(\frac{h_2^2 + k_2^2}{a^2} + \frac{l_2^2}{c_2}\right)\right]}$$

(5) **கனசதுரப் படிகம்,** (Cubic crysta)

$$\cos \phi = \frac{h_1 h_2 + k_1 k_2 + l_1 l_2}{(h_1^2 + k_1^2 + l_1^2)(h_2^2 + k_2^2 + l_2^2)^{\frac{1}{2}}}$$

கனசதுரப் படிகத்தில் கிடைக்கும் ஒரு விளிம்பு விளைவு அமைப்பிலுள்ள புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள கோணத்தைக் கணக்கிடும் முறையைக் காண்போம்.

படத்திலிருந்து, $\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}|\,|\vec{b}| \cos \phi$

$$\frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{|\vec{a}|\,|\vec{b}|}$$

$$\frac{\left[h_1 \vec{i} + k_1 \vec{j} + l_1 \vec{k}\right] \cdot \left[h_2 \vec{i} + k_2 \vec{j} + l_2 \vec{k}\right]}{(h_1^2 + k_1^2 + l_2^2)^{\frac{1}{2}} (h_2^2 + k_2^2 + l_2^2)^{\frac{1}{2}}}$$

உதாரணமாக, (0 1 0) என்ற புள்ளிக்கும், (001) என்ற புள்ளிக்கும் இடையேயுள்ள கோணத்தைக் கணக்கிடுவோம். இவ்விரு புள்ளிகளும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக இருக்கும்.

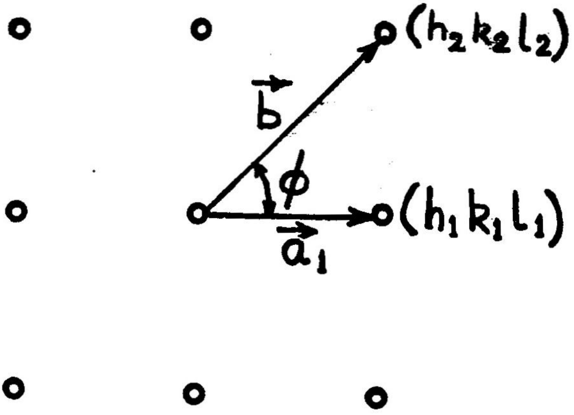
$$\cos \phi = \frac{(h_1 h_2 + k_1 k_2 + l_1 l_2)}{(h_1^2 + k_1^2 + l_1^2)^{\frac{1}{2}} (h_2^2 + k_2^2 + l_2^2)^{\frac{1}{2}}}$$

$$= \frac{(0 \cdot 0) + (1 \cdot 0) + (0 \cdot 1)}{\sqrt{0^2 + 1^2 + 0^2}\ \sqrt{0^2 + 0^2 + 1^2}}$$

$$= 0$$

$$\cos \phi = 0$$

$$\therefore \phi = 90^\circ$$



படம் 8 - 9.1

கனசதுரப் படிகத்தின் ரெசிப்ரோகல் லேட்டீஸிலுள்ள இரு புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள கோணத்தைக் கணக்கிடும் விளக்கப்படம்.

(200) என்ற புள்ளியும், (220) என்ற புள்ளியும் 45°யில் இடைக்கோணத்தை உண்டாக்கும்.

$$\cos \phi = \frac{(2 \cdot 2) + (0 \cdot 2) + (0 \cdot 0)}{\sqrt{1^1 + 2^2 + 20}\ \sqrt{2^2 + 2^2 + 0^2}}$$

$$= \frac{4}{\sqrt{32}} = \frac{4}{4\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

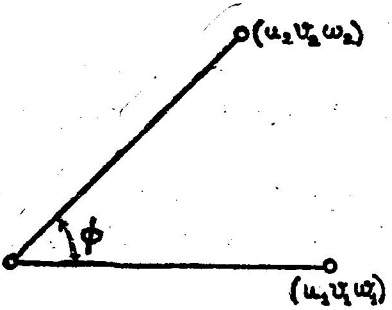
$$\cos \phi = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\therefore \phi = 45^\circ$$

இவ்வாறே எந்த இரு புள்ளிகளுக்கும் இடையேயுள்ள கோணத்தைக் கணக்கிட்டறியலாம். எடுத்துக் கொண்ட படிகத்திற்கு ஏற்ற சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

10. இரு பிறதள எறிவுருவுகளுக்கு (Projections) இடையேயுள்ள கோணத்தைக் கணக்கிடல்

ஒரே படிகத்தின் இரண்டு எறிவுருவுகளை எடுத்து அவைகளுக்கிடையேயுள்ள கோணங்களைக் கணக்கிடுவதன் வாயிலாகப்படிகக் கட்டமைப்பு உறுதிப்படுத்த முடியும். ஒரு படிகத்தின் அச்சு நீளங்கள் a, b, c எனவும் அதனுடைய இரு பிற தள எறிவுருவுகள் முறையே $[u_1\ v_1\ w_1]$, $[u_2\ v_2\ w_2]$ எனவும் இருக்கட்டும். இவ் விரு எறிவுருவுகளுக் கிடையேயுள்ள கோணம் ϕ என இருந்தால், அதைக் கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடலாம்.



படம் 8 - 10.1

இரு பிற தள எறிவுகளுக்கிடையேயுள்ள கோணத்தைக் கணக்கிடும் பட விளக்கம்

படத்திலிருந்து,

$$\left(u_1 \vec{a} + v_1 \vec{b} + w_1 \vec{c}\right) \cdot \left(u_2 \vec{a} + v_2 \vec{b} + w_2 \vec{c}\right)$$

$$= \left| \left(u_1 \vec{a} + v_1 \vec{b} + w_1 \vec{c}\right) \cdot \left(u_1 \vec{a} + v_1 \vec{b} + w_1 \vec{c}\right) \right|$$

$$\left| \left(u_2 \vec{a} + v_2 \vec{b} + w_2 \vec{c}\right) \cdot \left(u_2 \vec{a} + v_2 \vec{b} + w_2 \vec{c}\right) \right| \times \cos\phi$$

அதாவது,

$$\cos\phi = \frac{\left(u_1 \vec{a} + v_1 \vec{b} + w_1 \vec{c}\right) \cdot \left(u_2 \vec{a} + v_2 \vec{b} + w_2 \vec{c}\right)}{(u_1^2\, a^2 + v_1^2\, b^2 + w_1^2\, c^2)^{\frac{1}{2}}\, (u_1\, a^2 + v_2\, b_2 + w_2\, c^2)^{\frac{1}{2}}}$$

இந்தச் சமன்பாட்டிலிருந்து ϕ-ன்மதிப்பைக் கணக்கிட்டறியலாம். உதாரணமாக, கன சதுரப் படிகத்தில் (001)-உம் (010)-உம் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக உள்ளன. இதைச் சரிபார்க்கக் கீழ் வருமாறு ϕ-ஐக் கணக்கிட்டறியலாம்.

$$\cos\phi = \frac{\left(u_1\vec{a}+v_1\vec{b}+w_1\vec{c}\right)\cdot\left(u_2\vec{a}+v_2\vec{b}+w_2\vec{c}\right)}{(u_1^2 a^2+v_1 b^2+w_1 c^2)^{\frac{1}{2}}\,(u_2 a^2+v_2 b^2+w_2 c^2)^{\frac{1}{2}}}$$

கனசதுரப் படிகத்தில் $a = b = c$

ஆகையினால்,

$$\cos\phi = \frac{u_1 u_2 a^2 + v_1 v^2 b^2 + w_1 w_2 c^2}{(u_1^2 a^2 + u_2^2 b^2 + w_1^2 c^2)^{\frac{1}{2}}\,(u_2^2 a^2 + v_2^2 b^2 + w_2^2 c^2)^{\frac{1}{2}}}$$

$$= \frac{u_1 u_2 a^2 + v_1 v_2 a^2 + w_1 w^2 a^2}{a\,(u_1^2 + v_1^2 + w_1^2)^{\frac{1}{2}}\,a\,(u_2^2 + v_2^2 + w_2^2)}$$

$$= \frac{u_1 u_2 + v_1 v_2 + w_1 w_2}{(u_1^2 + v_1^2 + w_1^2)^{\frac{1}{2}}\,(u_2^2 + v_2^2 + w_2^2)^{\frac{1}{2}}}$$

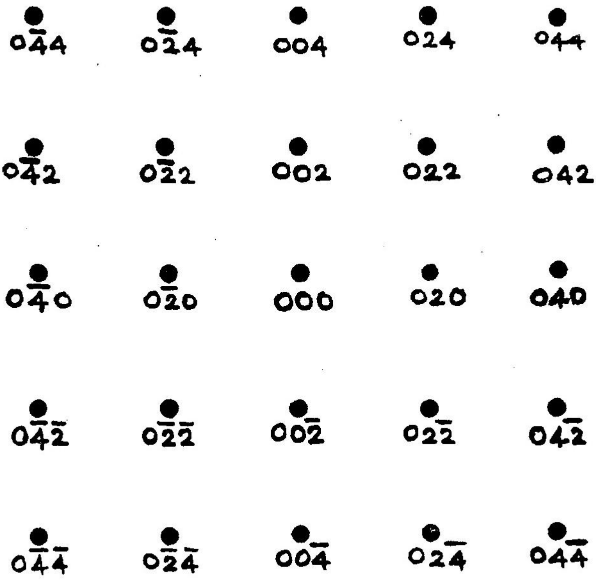
$$\cos\phi = \frac{0\cdot 0 + 0\cdot 1 + 1\cdot 0}{(0^2 + 0^2 + 1^2)^{\frac{1}{2}}\,(0^2 + 1^2 + 0^2)^{\frac{1}{2}}}$$

$$= 0$$

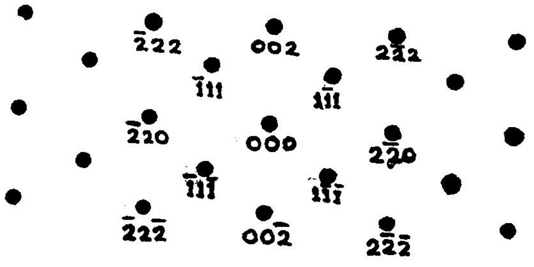
$$\phi = 90^\circ$$

இதிலிருந்து [001], [010] ஆகிய இரு எறிந்து காட்டிகளும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக உள்ளன என்பது தெரிகிறது.

9. தளப் படங்களும் அவற்றின் குறியீடுகளும்

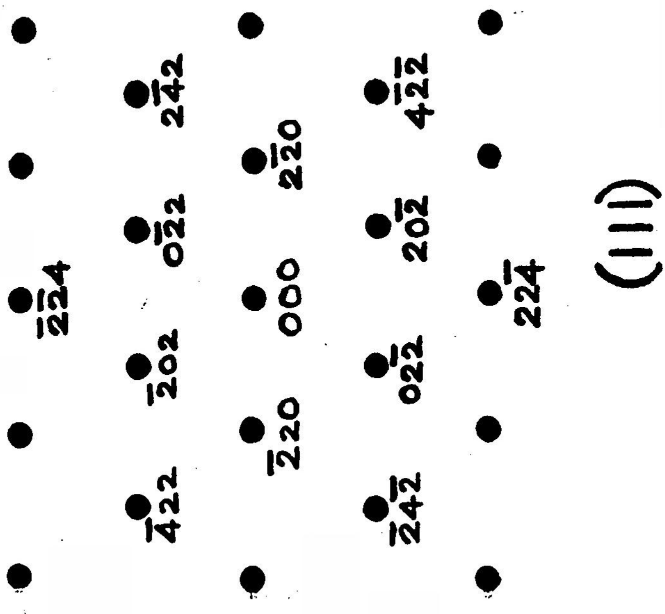


(100)

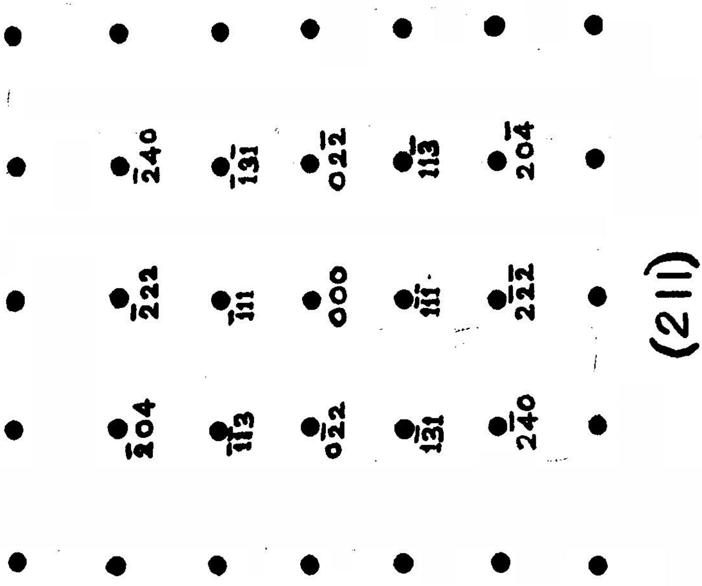


(110)

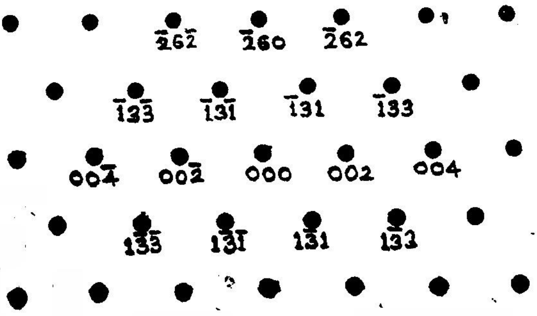
படம் 9-1 (a, b)



படம் 9-1 (c)

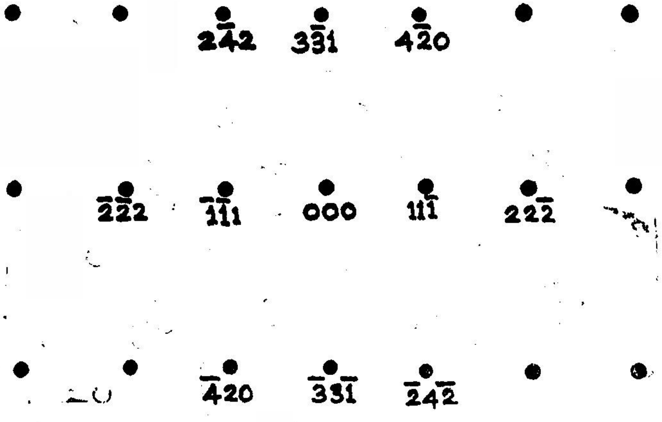


படம் 9-1 (d)



(310)

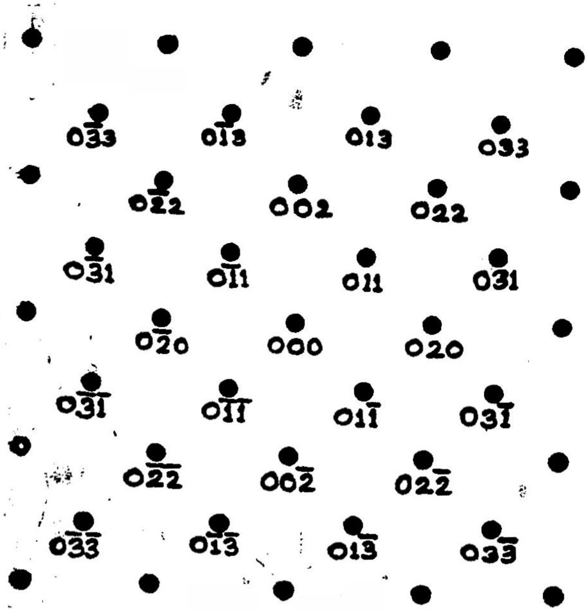
படம் 9-1 (e)



(123)

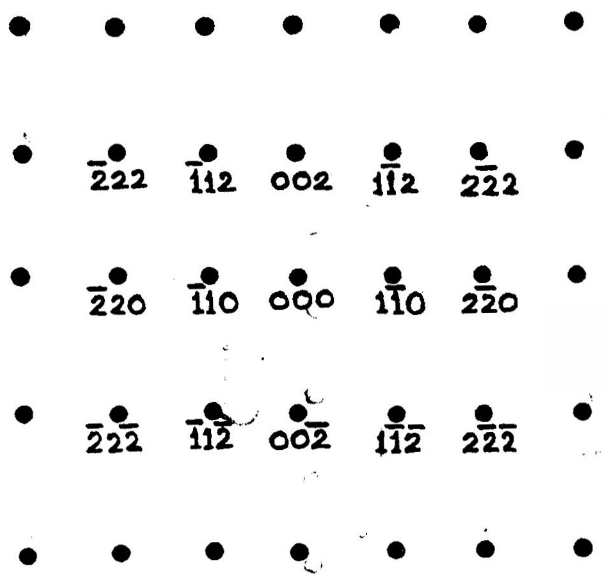
படம் 9-1 (f)

9-1 (a—f) பக்க மையப் படிகத்திற்கான மிகமிக நெருக்கமாக அமைந்துள்ள சில ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டிஸ் தளங்களின் விளிம்பு விளைவு அமைப்புகளைக் காட்டும் படங்களும் அவைகளின் குறியீட்டெண்களும்,



(100)

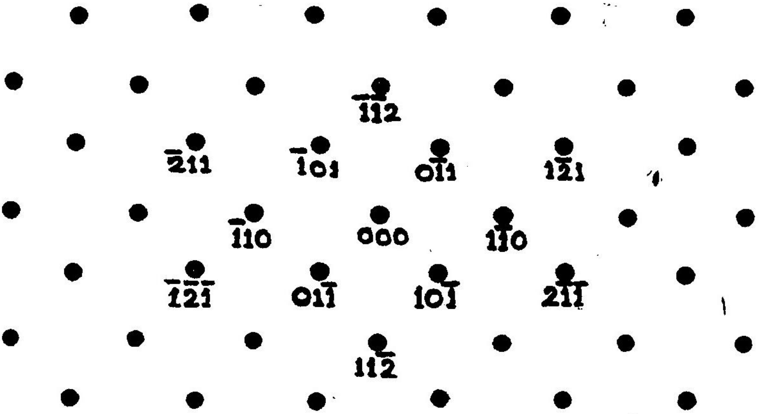
படம் 9-2 (a)



(110)

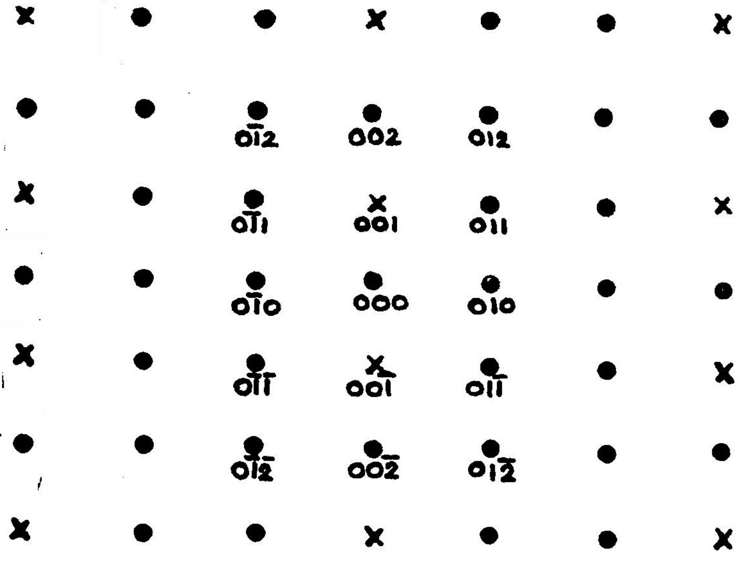
படம் 9-2 (b)

9-2 (a—c) பொருள் மையப் படிகத்திற்கான மிக மிக நெருக்கமாக அமைந்துள்ள ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டிஸ் தளங்களின் விளிம்பு விளைவு அமைப்புகளைக் காட்டும் படங்களும், அவைகளின் குறியீட்டெண்களும்.



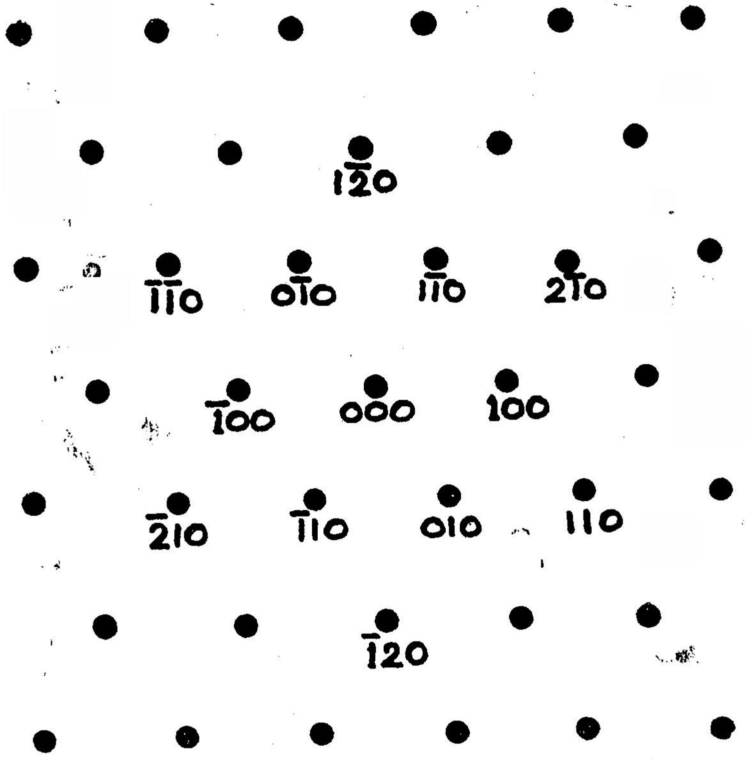
(111)

படம் 9-2 (c)



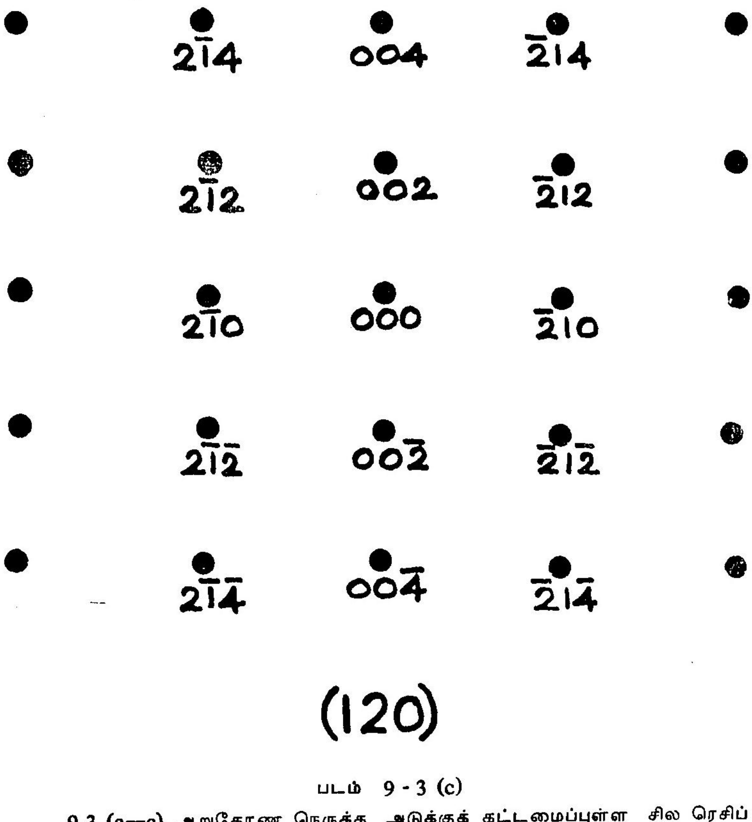
(100)

படம் 9-3 (a)


$\bar{1}\bar{2}0$
$\bar{1}\bar{1}0$
$0\bar{1}0$
$1\bar{1}0$
$2\bar{1}0$
$\bar{1}00$
000
100
$\bar{2}10$
$\bar{1}10$
010
110
$\bar{1}20$

(001)

படம் 9 - 3 (b)



படம் 9 - 3 (c)

9-3 (a—c) அறுகோண நெருக்க அடுக்குக் கட்டமைப்புள்ள சில ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸ் தளங்களின் விளிம்பு விளைவு அமைப்புகளைக் காட்டும் படங்களும், அவைகளின் குறியீட்டெண்களும்.

மேற்கோள் நூற்பட்டியல்
(Bibliography)

1. Introduction to Solid State Physics,
   Charles Kittel.
2. X-rays and Crystal Structure
   W. H. Bragg and W. L. Bragg.
3. Principles of Solid State Physics
   Robert A. Levy.
4. A Study of Crystal Structure and Its Applications by
   Wheeler P. Davey.
5. Electron Microscopy of their Crystals, by
   P. B. Hirsch H. Howie, R. B. Nicholson,
   D. W. Pashley, and M. J. Whelan
6. Practical Methods in Electron Microscopy
   Volume - I Edited
   Audrey W Glanert.
   (Specimen Preparation in Materials Science
   P. J. Goodhew)
7. Elements of Materials Science,
   Lawrence H. Van Vlack.
8. International tables for X-ray Crystallography
9. Transmission Electron Microscopy, by
   G. Thomas.
   (New York J. Willy and Sons, 1962)
10. X-ray Crystallography by, *A. J. C. Wilson.*
11. X-ray Crystallography by *G. H. W. Milburn*
12. X-ray analysis of Crystals by *J. M Bijvoet.*
13. Introduction to Electron Microscope by
    Saul Wischnitzer.
14. The Electron Microscope by *M. E Haine.*

கலைச்சொற்கள்

அ

அகலம்	—	Width
அச்சு நீளம்	—	Axial length
அச்சு வடிவியல்	—	Co-ordinate Geometry
அச்சுப்புள்ளி	—	Co-ordinate
அடிப்பக்க மையம்	—	Base centered
அடித்தளம்	—	Basal plane
அடையாளம்	—	Identity
அடுக்குத் தன்மை வடிவம்	—	Exponential form
அணுக்கள்	—	Atoms
அணுக்களின் தளங்கள்	—	Atomic planes
அணுக்களின் வரிசைகள்	—	Rows of atoms
அணுகு முறை	—	Approach
அதிகத் தொடக்கவிலை	—	High initial cost
அம்மீட்டர்	—	Ammeter
அமில	—	Acidic
அமிலத்தை எதிர்த்துத் தாக்கும் லாக்குயர்	—	Acid-resisting lacquer
அமைப்பு	—	Construction
அயனிக் கற்றை மென்மையாக்கல்	—	Ion beam thinning
அரக்கு	—	Shellac
அல்ட்ரா மைக்ரோடோமி	—	Ultra-microtomy
அழுக்கு	—	Dirt
அழுத்தம்	—	Stress
அளவு	—	Magnitude
அளவு கருவி	—	Meter
அறம்	—	File
அறிவியல்	—	Science
அறுங்கோணப் பட்டகம்	—	Hexagonal prism
அறுங்கோண வடிவம்	—	Hexagonal
அறையமைப்புகள்	—	Cells

அறை வெப்பநிலை	—	Room temperature
அனைத்துலக X-கதிர் படிகவியல் அட்டவணைகள்	—	International X-ray Crystallographic tables

ஆ

ஆக்ஸி-ஹைட்ரஜன்	—	Oxy-hydrogen
ஆக்சிகரணம்	—	Oxidising
ஆக்சைடுகள்	—	Oxides
ஆடிகள்	—	Mirrors
ஆறு தடவை சுழல் தன்மை	—	Six-fold rotation
ஆயுட் காலம்	—	Life-time
ஆராய்ச்சிக் கூடம்	—	Laboratory
ஆராய்ச்சித் துறைகள்	—	Research fields
ஆர்கான்	—	Argon
ஆர்த்தோராம்பிக்	—	Orthorhombic
ஆவியாக்கப்பட்ட சவ்வு	—	Evaporated film
ஆற்றல் பிரிகை பகுப்பாய்வு X-கதிர்கள்	—	Energy dispersive analysing X-rays

இ

இடமாற்றத் தன்மை	—	Dislocation
இடைவெளியமைப்பு	—	Spacing
இடைவெளிகள்	—	Gaps
இடைவெளித் தொகுப்பு	—	Space group
இடைவெளி லேட்டிஸ்	—	Space lattice
இணைக்கப்பட்ட	—	Linked
இணைக் கீரல்கள்	—	Parallel scratches
இணையான	—	Parallel
இணையாக இல்லாத	—	Non-parallel
இயக்க முறைகள்	—	Mode of operations
இயக்க நுணுக்கம்	—	Mechanism
இயக்கத் தொடர்பு	—	Mechanical contact
இரட்டைகள்	—	Twins
இரட்டை மின்தேக்கி வில்லை	—	Double condenser lens
இரட்டை விளிம்பு விளைவு	—	Double diffraction
இரு தனிப்பட்ட சட்டங்கள்	—	Two separate grids
இருடியம்	—	Iridium
இருள்புலம்	—	Dark field
இருள்கோடு	—	Dark line
இருள் வளையம்	—	Dark ring

இருமடி (சதுர) — Square
இரு பரிமாண — Two dimensional
இரும்பு — Iron

ஈ

ஈயம் — Lead
ஈவால்டு கோளம் — Ewald's sphere

உ

உச்சமட்டம் — Peak
உட்கிரியைபடு — Interact
உண்டாக்கல் — Formation
உப்புமூலக் கரைப்பான் — Base solvent
உப்புத்தாள் — Emery paper
உயர் சக்தியுள்ள — High powered
உயர் பகுப்புத்திறன் — High resolution
உயர் வெப்பநிலை — High temperature
உயிரியல் — Biology
உயிரியல் மாதிரிகள் — Biological specimens
உயிரியலற்ற — Non-Biological
உயிரியல் வல்லுனர்கள் — Biologists
உராய்ந்து தேய்த்தல் — Grinding
உருவாக்கம் — Concept
உருப்பெருக்கம் — Magnification
உருமாற்றப்பட்ட பகுதி — Deformed region
உருமாற்றமில்லா — Deformation-free
உருமாற்றம் — Deformation
உலர்ந்த — Dry
உலர்ந்த வடிகட்டும் தாள் — Dry filter paper
உலர்த்தும் பாண்டம் — Desiccator
உலர்ந்த குளிர்வழியழுத்தம் — Cold dry atmosphere
உலோகச் சட்டம் — Metal grid
உலோகச் சாமணம் — Metal tweezer
உலோகவியல் — Metallurgy
உலோகவியல் வல்லுனர் — Metallurgist
உலோகச் சேர்க்கை — Metal alloy
உள்ளடக்கங்கள் — Inclusions
உள்ளீடற்ற துளையிடு — Hollow punch

எ

எடுத்துக்காட்டான	—	Typical
எடுத்துக்காட்டிகள் (எறிந்து காட்டிகள்) எறிவுருவுகள் (பிற தள)	—	Projections
எண்ணளவில்	—	Numerically
எதிர்கருத்து	—	Opposite sense
எதிர்ப்பலன்கள்	—	Disadvantages
எதிர்மின்வாய்	—	Cathode
எதிர்ப்பில்லாத தடுக்கு	—	Passivating layer
எதிர்மாறாக	—	Conversely
எதிர்மறைப் பக்கம்	—	Negative side
எதிரொளிப்பு நுண்ணோக்கி	—	Reflection electron microscope
எதிலின் டைக்குளோரைடு	—	Ethylene dichloride
எத்தனூல்	—	Ethanol
எலக்ட்ரான் நுண்படங்கள்	—	Electron micrographs
எளிய	—	Simple
எளியதாக்கத் தன்மைகள்	—	Simplification

ஒ

ஒத்த தன்மை தளங்கள்	—	Similar planes
ஒத்த தனிமங்கள்	—	Symmetry elements
ஒத்த தன்மை இயக்கம்	—	Symmetry operation
ஒப்பிட்டுக் கூறுமளவில்	—	With respect to
ஒரேதன்மையாக	—	Uniform
ஒரே தன்மையான சுற்றுப்புறம்	—	Identical surrounding
ஒழுங்குமுறை	—	System
ஒழுங்கீனங்கள்	—	Irregularities
ஒளிக் கோடுகள்	—	Bright lines
ஒளி கிக்கூச்சிக் கோடுகள்	—	Bright kikuchi lines
ஒளிப்புலம்	—	Bright field
ஒளி நுண்ணோக்கிகள்	—	Optical microscopes
ஒளிப்படத் தகடு	—	Photographic plate
ஒளி வளையம்	—	Bright ring
ஒற்றைநிற	—	Monochromatic
ஒன்றுசேர்தல், ஒரு நேர் கோட்டிலுள்ள	—	Collinear
ஒன்றிணைக்கப்பட்டு	—	Incorporating
ஒன்றைச் சார்ந்த கட்டமைப்பு எண்	—	Unitary structure factor

ஓ

ஓரக் கோடுகள் — Boundaries
ஓரச் சட்டம் — Rim
ஓரறையமைப்பு — Unit cell
ஓர் இணை — One pair
ஓல்ட் மீட்டர் — Voltmeter

ஃ

ஃபெரோ காந்தத்தன்மை — Ferro magnetic

ஐ

ஜன்னல் நுண்ணியல் — Window technique
ஜ்வாலை ஆக்ஸிகரணம் — Flame oxidation
ஜ்வாலை பளபளப்பாக்கல் — Flame polishing

க

கடத்தும் செய்பொருள் — Conducting material
கட்டமைப்பு — Structure
கட்டமைப்பு பகுப்பாய்வு — Structure analysis
கட்டமைப்பு எண் — Structure factor
கட்டமைப்பு முகச்சாயல்கள் — Structure features
கட்டமைப்பு வீச்சு — Structure amplitude
கட்ட வேறுபாடு — Phase difference
கணக்கீட்டுப் பகுப்பாய்வை — Theoretical analysis
கண்ணாடி சறுக்கி — Glass slide
கத்தி — Knife
கம்பி ரம்பம் — Wire saw
கரிப்பொருள் — Carbon
கரைப்பான் — Solvent
கரையும் தன்மை — Dissolution
கலக்கும் வேகம் — Stirring rate
கலை — Art
கழற்றல் — Stripped
கழுவுதல் — Washing
கற்றை — Beam
கற்றையின் திசை — Beam direction
கன அளவு — Volume
கனசதுரம் — Cube
கனநீள் சதுரம் — Tetragonal

கனசதுர அச்சுகள் — Cubic-axes
கனமான பட்டகம் — Heavy block
காந்தவில்லை — Magnetic lens
கிக்கூச்சிக் கோடுகள் — Kikuchi lines
கிக்கூச்சிப் படம் — Kikuchi map
கிடக்கை — Horizontal
கிராப்பைட் — Graphite
கிண்ணம் — Dish
குண இயல்புகள் — Properties
குவியதளம் — Focal plane
குழியாக்கல் — Pitting, Etching
குளிர்பதனப் பெட்டி — Refrigerator
குறிப்பிடப்பட்ட உலோகம் — Specific metal
குறியீடு — Symbol
குறியீட்டு முறை — Indexing method
குறியீட்டுத் தீர்மானம் — Sign convention
குறுக்கீடுகள் — Intercepts
குறுங்கோண — Acute (Angle)
குறுக்குப் பெருக்கல் — Cross product
குறைந்த உருகுநிலை — Low melting point
குறைபாடுகள் — Defects
குறைந்த வெப்பநிலை — Low temperature
குறைந்த ஒத்த தன்மை — Lower symmetry
குறையீனங்கள் — Draw backs
கூட்டு மொத்தம் — Summation
கூட்டுமுறை — Recipes
கூட்டுச்சேர்க்கை — Composition
கூம்புவடிவக் கதிர்கள் — Cones of rays
கெரோசின் — Kerosine
கேமிரா மாறிலி — Camera constant
கையால் உராய்ந்து தேய்த்தல் — Hand grinding
கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தம் — Applied potential
கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்த மூலம் — Source of applied potential
கோணம் — Angle
கோண இடைவெளி — Angular spacing

ச

சட்டங்களின் இடைவெளி — Grid spacing
சதவீதம் — Percentage

சதுரம்	—	Square
சமதளமான	—	Flat
சம இடைவெளி	—	Regular intervel
சம்பிரதாயம்	—	Convention
சரியான	—	Exact
சரியான திசை மாற்றம்	—	Precise deviation
சரியாக ஒன்றன் மீதொன்று படும்படியாக	—	Accurately over-lapped
சாதனம்	—	Equipment
சாய்வான	—	Oblique
சாய்வு சதுரம்	—	Rhombus
சிக்கல்	—	Clog
சிக்குதல்	—	Clogging
சிதறும் திறன்	—	Scattering power
சிதறும் மையம்	—	Scattering centre
சிதறித் தெறித்தல்	—	Sputtering
சிதைவு	—	Damage
சிதைக்கப்பட்ட தடுக்குகள்	—	Damaged layers
சிதைக்கப்படாத பரப்பு	—	Distortion free surface
சிதைவின்றி	—	Without damage
சில இயக்கங்கள்	—	Certain operations
சிறிய துளைகள்	—	Slots
சீரிய	—	Ideal
சீரிய தன்மையான	—	Ideally
சுருங்கல்	—	Shrink
சுழல் புள்ளி	—	Pivot
சுய வாழ்வு	—	Self-life
சுழற்றல்	—	Rotation
சுழற்றிப் பிரதிபலித்தல்	—	Rotation-reflection
சுழற்றித் தலைகீழாக்கல்	—	Rotation-inversion
சுழற்றும் தாங்கி	—	Rotation holder
சூனியங்கள்	—	Voids
செயல் விளக்கம்	—	Demonstration
செய்குறிப்புகள்	—	Informations
செய்பொருள்	—	Material
செய்முறை	—	Procedure
செய்முறை வல்லுனர்கள்	—	Experimentalists
செலவு	—	Expense
செலுத்துகை எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி	—	Transmission Electron Microscope
செல்லுலோஸ் நைட்ரேட்	—	Cellulose nitrate
சோடியம்	—	Sodium

ட

டங்ஸ்டன் — Tungsten
டார் — Torr
டான்வாக்ஸ் — Tanwax
டிகிரி — Degree
டிட்டர்மினன்ட் — Determinant
டிட்டேனியம் — Titanium
டீபூல் — Teepol

த

தகடு — Sheet
தங்கப்படிகம் — Gold crystal
தடித்த — Thick
தடிப்பு — Thickness
தடுக்குகள் — Layers
தட்டு — Disc
தட்டு நுண்ணியல் முறை — Disc technique
தட்டு மாதிரிகள் — Disc specimens
தயாரித்தல் — Preparation
தரமான — Standard
தலைகீழ் மதிப்புகள் — Reciprocals
தலைகீழ் பின்னமதிப்பு — Reciprocal of the fraction
தவிர்க்கப்பட்ட — Forbidden
தவிர்க்கப்பட்ட பிரதிபலிப்புகள் — Forbidden reflections
தளம் — Plane
தளமான பரப்பு — Level surface
தளங்களுக் கிடையேயுள்ள தூரம் — Interplanar distance
தளங்களின் குடும்பங்கள் — Families of planes
தள இடைவெளிகள் — d-spacing
தளமாக்கும் விளைவு — Platean effect
தனி அணு — Individual atom
தனியான சீட்டிடப்பட்ட பாதுகாப்புப் பெட்டிகள் — Specially labelled storage boxes
தன்மை — Quality
தாங்கும் சட்டம் — Frame
தாமிரம் — Copper
தானாகவே — Automatically
தானே தாங்கும் — Self - supporting

திசைக்கூறு	Component
திசையின் குறியிடும் தன்மை	Sense of direction
வடித்திறக்கப்பட்ட (திசைத்து) நீர்	Distilled water
திரிபுப்புலங்கள்	Strain fields
திருப்பல்	Tilt
திருப்புத் தொடர்	Tilt series
திரையிடும் வில்லை	Projecting lens
திறந்த பரப்பு	Open area
திறன் (மின்) கொடுப்பான்கள்	Power supplies
தீர்க்கப்பட்ட	Solved
துருப்பிடிக்கா (கெடாத)	Stainless
துளை	Aperture
துளைக்கருவி	Drill
துளை வெட்டல்	Punching out
தூசி	Dust
தூர அச்சுக் கதிர்கள்	Off-axis rays
தூள்களான	Amorphous
தெளிவான, திட்டமான	Precise
தெளிவாகப் பிரித்துக்காட்டல்	Distinguishable
தெளிவாகப் பிரிக்கமுடியா	Indistinguishable
தெளிவுத்தன்மை	Perceptibility
தேர்வு	Selection
தேர்வுப்பரப்பு விளிம்பு விளைவு	Selected area diffraction
தொடக்கம்	Origin
தொடக்க இயல்பு	Orientation
தொடர்புண்டாக்கி	Correlating
தொடக்க முறைகள்	Starting methods
தொடர்ச்சியான கம்பி வளையங்கள்	Continuous loops of wire
தொட்டி	Bath
தொடர்ச்சியாக	Successively
தொடர்ச்சியான சவ்வு	Continuous film

ந

நகல்	Replica
நகரும் பளு	Movable weight
நகை செய்பவர் ரம்பம்	Jeweller's saw
நடத்தும் முறை	Treatment
நடுநிலை	Equilibrium

நனைக்கப்பட்ட	—	Wetted
நானோமீட்டர்	—	Nanometer
நிக்கல்	—	Nickel
நிபந்தனைகள்	—	Conditions
நிலத்தொடர்பு	—	Ground
நிலையற்ற தன்மை	—	Instability
நிலையான தடுக்கு	—	Stable layer
நிறமாலை	—	Spectrum
நிறப்பிறழ்ச்சி	—	Chromatic aberration
நீக்கம்	—	Cancellation
நுண்பொருளின் அளவு	—	Grain size
நுண்ணியக்கவியல்	—	Technique
நுண்ணியல்பு	—	Technique
நுண்ணிய கட்டமைப்பு	—	Microstructure
நுண்ணோக்கி வல்லுனர்கள்	—	Microscopists
நுண் துவாரங்கள்	—	Perforations
நூதன நிகழ்ச்சி	—	Phenomenon
நெகிழ்ச்சியற்ற	—	Inelastically
நெகிழ்ச்சியற்ற எலக்ட்ரான் சிதறல்	—	Inelastic electron scattering
நெகிழ்ச்சியற்ற தட்டு	—	Plastic disc
நேரடி அளவீடு	—	Direct reading
நேரடியாக	—	Directly
நேர்குத்து	—	Normal
நேர்குத்தாக்கப்பட்ட கட்டமைப்பு எண்	—	Normalised structure factor
நேர்த்தியான துண்டு	—	Fine slice
நேர் தன்மை	—	Positive
நேர்புள்ளி	—	Direct spot
நேர்பெயர்ச்சி	—	Translation
நேர்மின்வாய்	—	Anode
நேர்மின்வாய் மின்னோட்ட அடர்த்தி	—	Anode current density
நேர்மின்னோட்ட மூலம்	—	D. C. Source
நொறுங்கும் மாதிரி	—	Brittle specimen

ப

பக்கம்	—	Face
பக்க மைய	—	Face centered
பகுதிகள்	—	Denominators
பகு திறன்	—	Resolving power

பகுப்புத் திறன்	—	Resolution
படிகங்கள்	—	Crystals
படிகவியல்	—	Crystallography
படிக அச்சுகள்	—	Crystal axes
படிகக் கட்டமைப்பு	—	Crystal structure
படிக ஒழுங்கமைப்பு	—	Crystal system
படிகக் குறைபாடுகள்	—	Crystal defects
படிகவியல் கட்டமைப்பு	—	Crystallographic structure
படிகவியல் வல்லுனர்கள்	—	Crystallographers
படிகங்களின் ஓரங்கள்	—	Crystal boundaries
படுகதிர் வீச்சு	—	Incident radiation
படுகோணம்	—	Angle of incidence
பட்டியல்	—	List
பரப்பு இழுவிசை	—	Surface tension
பராமீட்டர்ஸ்	—	Parameters
பரந்த மெல்லிய பரப்புகள்	—	Extensive thin areas
பருப்பொருள் அறிவியல்	—	Material science
பல நிலைகள்	—	Various stages
பலவீனமான பிரதிபலிப்பு	—	Weak reflection
பல்கூட்டு அளவு	—	Complex quantity
பளபளப்பாக்கும் கூட்டுப் பொருள்	—	Polishing compound
பளபளப்பாக்கும் மின்கலம்	—	Polishing cell
பளபளப்பாக்கும் கிடக்கைப் பகுதி	—	Polishing platean
பளிங்கு	—	Ceramics
பாகுக்கலவை பொதியுறைகள்	—	Gelatine capsules
பாதுகாத்தல்	—	Storing
பாம்வார்	—	Formvar
பார்த்த அளவில்	—	On sight
பார்வையிடல்	—	Inspection
பிசுபிசுப்பான	—	Viscous
பிசுபிசுப்பான அடுக்கு	—	Viscous layer
பித்தளை வளையங்கள்	—	Loops of brass
பித்தகோரியன் தேற்றம்	—	Pythagorean theorem
பிம்பப் பகுப்பு	—	Image resolution
பிரச்சினைகள்	—	Problems
பிரதிநிதி	—	Representative
பிரதிபலிப்புகள்	—	Reflections
பிரதிபலிப்புத் தளங்கள்	—	Reflecting planes
பிரபலியம்	—	Popularity
பிரிமிட்டிவ் நீள்சதுர	—	Primitive rectangular

பிரேக் கோணம் — Bragg angle
பிரேக் நிபந்தனை — Bragg condition
பிரேக் விதி — Bragg law
பிழைகள் — Errors
பிளாட்டினம் — Platinium
பிளேடு — Blade
பின் குவிய தளம் — Back focal plane
பின் படர்ந்த செறிவு — Back round intensity
புயம் — Arm
புராதன அல்லது பிரிமிட்டிவ் — Primitive
புராதன அல்ல — Non-primitive
புலத்தின் ஆழம் — Depth of field
புள்ளித் தொகுப்புக் குறியீடு — Point group symbol
புள்ளி ஒத்த தன்மை தொகுப்பு — Point symmetry group
பெயரிடும் முறை — Nomenclature
பெல்லாடியம் — Palladium
பௌதிகம் — Physics
பேதங்காட்டும்தன்மைஇழப்பு — Loss of contrast
பொதுவான லேட்டிஸ் வகை — General lattice type
பொருள் மைய — Body centered
பொருத்தி — Jig
பொருத்துதல் — Mounting

ம

மங்கலாக்கப்பட்ட — Obscured
மண்டல அச்சு — Zone axis
மதிப்புள்ளது — Worth while
மந்தபுடக்குடுவை — Inert crucible
மந்த வாயு — Inert gas
மறு சிதறல் — Re-scattering
மறு விளிம்பு விளைவு — Re-diffraction
மாதிரி (உரு) — Specimen
மாதிரியின் தாங்கி — Specimen holder
மாதிரியின் துளை — Specimen cartridge
மாலிப்டினம் — Molybdenum
மாறுத்தோற்றம் — Invariant
மாற்றத் தொகுப்பு — Translation group
மாற்ற இயக்கம் — Translation operation
மாறியல் மின்மாற்றி — Variable transformer
மிகமிகக் குறைந்த அலைநீள மாற்றமுடைய — Negligible change of wavelength

மிகுந்த கட்டுப்பாட்டில் — More controllable
மிதக்கும்தன்மை — Floating
மில்லர் குறியீட்டெண்கள் — Miller indices
மின்கடத்தல் — Electrical conduction
மின்காந்த வில்லைகள் — Electro-magnetic lenses
மின் தொடர்பு — Electrical contact
மின்வாய்கள் — Electrodes
மின் வேதியல் — Electro-chemical
மின்னாற்பகுபொருள் கூட்டு — Electrolyte composition
மின்னாற்பகுபொருள் வெப்பநிலை — Electrolyte temperature
மின்னாற்பகுபொருளைக் கெடுத்தல் — Contamination of electrolyte
மின்னாற் பளபளப்பாக்கல் — Electro-polishing
மின்னால் மென்மையாக்கப் பட்ட — Electro-thinned
மின்னிழை — Filament
மின்னழுத்தமானி — Potentiometer
மின்னழுத்த எளிதாக்கி — Voltage smoothing
மின்னழுத்தத்தின் நெடுக்கம் — Range of voltage
மின்னோட்ட எழுச்சி — Surge of current
மின்னோட்ட எழுச்சிகள் — Current surges
மின்னோட்ட மின்னழுத்த வளைகோடு — Current potential curve
முகவை — Beaker
முடிவில்லா — Infinite
முதலாம் பிம்பத் தளம் — First image plane
முதலை உருவக்கவ்வி — Crocodile clip
முப்பரிமாணம் — Three dimension
மும்மை ஸ்கேலார் பெருக்கல் — Triple scalar product
முயற்சிப்பிழை முறை — Trial and error method
முழு அலை திருத்தி — Full wave rectifier
முறிவடைதல் — Breaking
மூலக்கூறுகள் — Molecules
மூலை — Corner
மூன்றாவது குறியீட்டெண் — Third index
மெக்னீசியம் — Magnesium
மெத்தனால் — Methanol
மெல்லிய சவ்வு — Thin film
மேட்ரிக்ஸ் — Matrix

மேல்நோக்கிய திசை	—	Upward direction
மேற்பரப்புச் சிதைவு	—	Surface damage
மைக்ரான்	—	Micron
மைக்ரோடோமி	—	Microtomy
மைக்ரோடோ மிடப்பட்ட	—	Microtomed
மையமான செவ்வக	—	Centered rectangular
மைய ஒத்த தன்மை இடைவெளித் தொகுப்பு	—	Centro-symmetric space group
மோதித்தாக்கல்	—	Collision
மோனோகிளினிக்	—	Monoclinic

ர

ராம்போஹெட்ரால்	—	Rhombohedral
ரெசிப்புரோக்கல் லேட்டீஸ்	—	Reciprocal lattice
ரேடியன்ஸ்	—	Radians

ல

லேட்டீஸ்	—	Lattice
லேட்டீஸ் குறியீடு	—	Lattice symbol
லேட்டீஸ் புள்ளிகள்	—	Lattice points
லேட்டீஸ் மாறிலிகள்	—	Lattice constants

வ

வசதி	—	Convenience
வசதியற்ற	—	Inconvenience
வடிகுழாய்	—	Siphon
வடிவளவு	—	Size
வடிவ எண்	—	Form factor
வடிவியல்	—	Geometry
வண்ணம் பூசும் புருசு	—	Paint Brush
வரிக்கண்ணோட்ட எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி	—	Scanning Electron Microscope
வரை	—	Groove
வரையறை, வரை கட்டுப்பாடு	—	Limitations
வளையம்	—	Ring
வலைக்கண்	—	Mesh
வழக்கமான	—	Conventional
வன்தாக்கி அயனி	—	Bombarding ion
வாயு வளர்ச்சியாதல்	—	Gas evolution

வாயுக்கள் — Gases
வாய்ப்பு — Possibility
விகிதத்தன்மை — Proportionality
விட்டுவிட்டுப் போடப்பட்ட கோடு — Dashed line
விரவல் — Diffuse
விரிவாகப் படித்தறிதல் — Extensive studies
விவசாயவியல் — Agriculture
விலக்கல் — Deflect
விலை நெடுக்கம் — Price range
விளிம்பு விளைவு வில்லை — Diffraction lens
விளிம்பு விளைவுப் புள்ளி — Diffraction spot
விளிம்பு விளைவு மாறிலி — Diffraction constant
விளிம்பு விளைவுச் செறிவு — Diffraction intensity
விளிம்பு விளைவு அமைப்பு — Diffraction pattern
விளைவு — Effect
வீட்டில் செய்யப்பட்ட — Home-made
வீழ்படிவு — Precipitate
வெக்டார் — Vector
வெக்டார் பகுப்பாய்வு — Vector analysis
வெட்டுமிடங்கள் — Intersections
வெட்டும் முறைகள் — Cutting methods
வெட்டும் சக்கரம் — Cut-off wheel
வெட்டும் கருவிகள் — Cutting tools
வெப்பத் தன்மை — Thermal
வெப்பநிலை மாற்றங்களுக்குட் படுத்தப்பட்ட உருமாதிரி — Heat-treated specimen
வெளி — Space
வெள்ளி — Silver
வேகமான மென்மையாக்கும் வீதம் — Fast thinning rate
வேதியக் கிரியை — Chemical reaction
வேதியப் பளபளப்பாக்கல் — Chemical polishing
வேதியல் கூட்டமைப்பு — Chemical composition
வேறுபட்ட சட்ட இடை வெளிகள் — Different bar spacings
வைரச் சக்கரம் — Diamond wheel
வைரத்தால் உறுதியாக்கப் பட்ட — Diamond impregnated